

**SKRIPSI – ME141501**

**ANALISIS TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK  
KAPAL AHTS BNI CASTOR AKIBAT PENGGUNAAN MOTOR  
ELEKTRIK PADA *MODE DYNAMIC POSITIONING* MENGGUNAKAN  
METODE SIMULASI**

Daniel Pardomuan  
NRP 04211440000084

Dosen Pembimbing  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Indra Ranu, S.T, M.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



SKRIPSI – ME141501

**ANALISIS TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK KAPAL  
AHTS BNI CASTOR AKIBAT PENGGUNAAN MOTOR ELEKTRIK PADA  
*MODE DYNAMIC POSITIONING* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI**

Daniel Pardomuan  
NRP. 04211440000084

Dosen Pembimbing  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Indra Ranu, S.T, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

*UNDERGRADUATE THESIS – ME141501*

***ANALYSIS VOLTAGE DROP ON ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS  
AHTS BNI CASTOR VESSEL DUE TO THE USE OF ELECTRIC MOTORS ON  
DYNAMIC POSITIONING MODE USING SIMULATION METHODS***

Daniel Pardomuan  
NRP. 0421144000084

*Supervisor*  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Indra Ranu, S.T, M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK KAPAL AHTS BNI CASTOR AKIBAT PENGGUNAAN MOTOR ELEKTRIK PADA *MODE DYNAMIC POSITIONING* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
▪ Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automatical System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Daniel Pardomuan**  
NRP 0421 14 40 000084

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
NIP. 196003191987011001
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.  
NIP. 197903272003121001

(  )

(  )

SURABAYA  
Juli, 2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK KAPAL AHTS BNI CASTOR AKIBAT PENGGUNAAN MOTOR ELEKTRIK PADA *MODE DYNAMIC POSITIONING* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

- Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automatical System* (MEAS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Daniel Pardomuan**

NRP 0421 14 40 000084

Disetujui Oleh:

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **ANALISIS TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK KAPAL AHTS BNI CASTOR AKIBAT PENGGUNAAN MOTOR ELEKTRIK PADA *MODE DYNAMIC POSITIONING* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI**

**Nama Mahasiswa** : Daniel Pardomuan  
**NRP** : 04211440000084  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc  
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc,

## **ABSTRAK**

Kapal dengan *dynamic positioning* memiliki kemampuan khusus antara lain, menjaga posisi kapal pada lokasi yang ditetapkan, mengikuti *refrence point* untuk bergerak sesuai dengan jalur yang ditentukan dan pekerja lainnya. Beberapa pekerjaan kapal dengan *dynamic positioning* memiliki risiko tinggi jika terjadi kegagalan dalam hal ini kehilangan posisinya. Oleh karena itu, terdapat tiga kelas *dynamic positioning* yaitu DP1, DP2, dan DP3 kelas tersebut ditentukan dari tingginya risiko kegagalan pada suatu pekerjaan laut. Hampir seluruh peralatan penunjang *dynamic positioning* merupakan instalasi kelistrikan, menurut data statistic tahun 1994-2003 kegagalan kehilangan posisi yang fatal akibat suplai daya sebesar 10,6% dan sistem elektrikal 6,1% (Li, 2013). Oleh karena itu kualitas tegangan listrik menjadi Salah satu faktor penting pada sebuah sistem kelistrikan kapal. Buruknya kualitas tegangan yang dihasilkan dapat mengakibatkan penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan dapat mengurangi *lifetime* dari peralatan listrik tersebut. Tegangan jatuh yang terjadi pada beban listrik di kapal sering dihiraukan oleh ABK dan jarang mendapat perhatian khusus. Pada penelitian ini dilakukan simulasi tegangan jatuh menggunakan *software* simulasi untuk mengetahui tegangan jatuh. Simulasi dilakukan pada beberapa konfigurasi suplai daya dan variasi beban. Hasil simulasi dengan *load flow analysis* didapatkan tegangan jatuh pada setiap skenario konfigurasi dan variasi beban. terdapat 5 skenario konfigurasi yang mengalami tegangan jatuh melewati standar IEC (+/-5%). Upaya perbaikan dilakukan pada salah satu skenario 5 konfigurasi suplai daya yaitu *closed bus (dua generator thruster+satu diesel generator)*. Metode perbaikan dengan pergantian kabel dilakukan pada kabel 3,5,9,33 dan 35 yang memiliki status *overload*, kabel diubah dari ukuran 120 mm menjadi 400 mm. Upaya ini meminimalkan tegangan jatuh yang terjadi pada *bow thruster 1* 5,65 % turun menjadi 2,14 %, *bow thruster 2* dari 5,28% turun menjadi 1,99%, dan *steering gear starter 1* dari 5,58% turun menjadi 3,55%. Kemudian perbaikan dengan metode penambahan kapasitor diterapkan pada bus beban *bow thruster 1 dan 2*, masing-masing sebesar 703 KVAR. Upaya ini meminimalkan tegangan jatuh yang terjadi pada *bow thruster 1* 5,65 % turun menjadi 3,42 %, *bow thruster 2* dari 5,28% turun menjadi 3,2%, dan *steering gear starter 1* dari 5,58% turun menjadi 4,41%

Kata Kunci : *Dynamic positioning*, IEC, Kapal, *load flow analysis*, Tegangan Jatuh

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

***ANALYSIS VOLTAGE DROP ON ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS  
AHTS BNI CASTOR VESSEL DUE TO THE USE OF ELECTRIC MOTORS ON  
DYNAMIC POSITIONING MODE USING SIMULATION METHODS***

**Student Name** : Daniel Pardomuan  
**NRP** : 04211440000084  
**Department** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisors** : 1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc  
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc,

**ABSTRACT**

Ships with dynamic positioning have special abilities such as, maintain the position of the ship at a designated location, following the reference point to move in accordance with the path which have been planned and so on. The task of Ship with dynamic positioning usually has a high risk if there is a failure, in this case losing its position. Therefore, there are three classes of dynamic positioning that are DP1, DP2, and DP3 class are determined from the high risk of failure in a marine job. Almost all of the supporting equipment for dynamic positioning is electrical installation, according to statistical data of 1994-2003 failure of fatal position loss due to power supply of 10.6% and 6.1% electrical system (Li, 2013). Therefore, the quality of the electric voltage becomes one of the important factors in a ship electrical system. The poor quality of the resulting voltage can lead to a decrease in the reliability of the electrical power system and can reduce the lifetime of the electrical equipment. The falling voltage occurring on the electrical load on the ship is often ignored by ship crew and rarely gets special attention. In this study simulation of voltage drop using simulation software to know the voltage drop. Simulations are performed on several power supply configurations and load variations. The simulation result with load flow analysis obtained voltage drop in each scenario configuration and load variation. there are 5 configuration scenarios that experience voltage drop across IEC standard (+/- 5%). The improvement is done in one scenario. that is on scenario 5th. the 5th scenario have power supply configuration that is closed bus (two generator thruster + one diesel generator). Repair method with cable replacement is done on cable 3,5,9,33 and 35 which has overload status, with software simulation those cables being replaced from size 120 mm to 400 mm. This effort minimizes the drop voltage that occurs on the bow thruster 1 from 5,5% decreases to 2.14%, the 2nd bow thruster from 5.28% decreases to 1.99%, and the steering gear starter 1 from 5.58% decreases to 3 , 55%. Then the improvement by the method of adding capacitors is applied to the bus load of bow thruster 1 and 2, each of 703 KVAR. This effort minimizes the drop voltage that occurs on the bow thruster 1 from 5,5% decrease to 3.42%, the 2nd bow thruster from 5.28% decreases to 3.2%, and the steering gear starter 1 from 5.58% decreases to 4 , 41%

**Keywords:** Dynamic positioning, Drop Voltage, IEC, Load Flow Analysis, ship electrical system.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik KapalAHTS BNI Castor Akibat Penggunaan Motor Elektrik pada *Mode Dynamic Positioning* Menggunakan Metode Simulasi” dapat diselesaikan sesuai dengan yang harapan dan waktu yang tepat, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik pada bidang studi Listrik Kapal dan Otomasi, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, tentu penulis mendapatkan bimbingan, arahan, koreksi, saran dan dukungan untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak berjasa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Orang tua penulis, Bapak Bonar Silaen dan Ibu Masniar Pakpahan serta kakak dan adik penulis, Rumiris Silaen, Raymond silaen, dan Jesika Silaen yang tak henti memberikan dukungan moral maupun material terhadap penulis sehingga mampu meringankan beban penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. dan Bapak Indra Ranu Kusuma S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengkoreksi dan memberikan motivasi selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Tony Bambang M, PGD. selaku Dosen Wali yang telah membimbing dan membantu penulis selama menempuh perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS.
4. Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS yang telah mengajarkan ilmu dan memberikan motivasi selama perkuliahan.
5. Senior penulis, Bapak Aldian dan Bapak Gigih dari PT. Bahtera Niaga Internasioanl yang telah memberikan informasi dan data Kapal AHTS BNI Castor untuk keperluan penelitian ini.
6. Seluruh Teman satu pembimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini, terutama Iji dan Yose, yang telah menjadi teman diskusi dan berpikir mulai dari merumuskan judul penelitian sampai dengan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Perumdol, yang selalu mendukung penulis, menjadi tempat berbagi cerita saat senang dan susah, serta menjadi keluarga kedua penulis di Surabaya.
8. Teman-teman Mercusuar 2014, yang sudah membantu dan bekerja sama dalam menyelesaikan 4 tahun masa perkuliahan di jurusan tercinta.
9. Lala, yang telah membantu dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan Tugas akhir ini.
10. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan diri di masa depan. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat untuk pembaca, rekan-rekan mahasiswa dan untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan.....	3
1.5    Manfaat.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1    Kapal AHTS .....	5
2.2 <i>Dynamic Positioning</i> .....	5
2.2.1    Elemen umum pada <i>dynamic postioning</i> .....	8
2.2.2    Mode Operasi pada <i>Dynamic Positioning System</i> .....	10
2.2.3    Klasifikasi <i>dynamic positioning</i> .....	10
2.3    Sistem <i>thruster</i> dengan <i>dynamic positioning system</i> .....	11
2.4    Penggunaan sistem DP pada kapal AHTS atau OSV .....	12
2.5    Motor listrik.....	13
2.6    Jenis-jenis motor listrik .....	14
2.6.1    Motor DC .....	14
2.6.2    Motor AC .....	14
2.7    Prinsip kerja Motor Induksi 3 Fasa .....	15
2.8    Sistem distribusi listrik.....	15
2.8.1    Open (split) Bus.....	15
2.8.2    Closed Bus.....	16
2.9    Kestabilan Tegangan .....	17
2.10    Tegangan Listrik.....	17
2.11    Tegangan Jatuh.....	18
2.11.1    Penyebab Tegangan Jatuh .....	19
2.11.2    Standard tegangan jatuh .....	20

2.11.3 Perbaikan Tegangan Jatuh .....	21
2.12 Software simulasi E.T.A.P 12.6.0 .....	22
2.12.1 Load Flow Analysis pada software simulasi .....	23
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>25</b>
3.1 Flow chart metodologi penelitian .....	26
3.2 Perumusan masalah .....	26
3.3 Studi literature .....	26
3.4 Pengambilan data.....	27
3.5 Permodelan .....	27
3.6 Simulasi .....	27
3.7 Validasi Hasil .....	27
3.8 Hasil dan pembahasan .....	27
3.9 Kesimpulan dan Saran .....	27
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Data Utama Kapal .....	29
4.2 Spesifikasi Komponen.....	30
4.3 <i>Single Line Diagram</i> pada aplikasi simulasi .....	31
4.4 Perencanaan skenario konfigurasi suplai daya menuju beban listrik Kapal AHTS BNI Castor .....	33
4.4.1 Skenario 1, Konfigurasi <i>Split Plant</i> ( 2 buah <i>generator thruster</i> ) .....	33
4.4.2 Skenario 2, konfigurasi <i>closed bus</i> ( 2 buah <i>generator thruster</i> ) .....	34
4.4.3 Skenario 3, konfigurasi <i>closed bus</i> ( 1 buah <i>generator thruster</i> ) .....	34
4.4.4 Skenario 4, konfigurasi <i>closed bus</i> ( 2 buah <i>generator thruster</i> + 2 buah <i>diesel geneartor</i> ).....	34
4.4.5 Skenario 5, konfigurasi <i>closed bus</i> ( 2 buah <i>generator thruster</i> + 1 buah <i>diesel geneartor</i> ).....	35
4.4.6 Skenario 6, konfigurasi <i>closed bus</i> ( 2 buah <i>generator thruster</i> + 2 buah <i>diesel geneartor</i> ).....	35
4.5 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 1 konfigurasi <i>Split Plant</i> .....	36
4.6 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 2 konfigurasi <i>closed bus</i> (dua <i>Generator thruster</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> ).....	39
4.7 Hasil analisis tegangan jatuh pada <i>closed bus</i> (satu buah <i>generator thruster</i> untuk suplai dua buah <i>bow thruster</i> ) .....	43
4.8 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 4 konfigurasi <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> parallel dengan dua buah DG untuk seluruh beban listrik).45	

4.9	Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 5 konfigurasi <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> parallel dengan satu buah DG).....	56
4.10	Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 6 konfigurasi <i>closed bus</i> (satu <i>generator thruster</i> parallel dengan dua buah DG untuk beban-beban listrik esensial).....	68
4.11	Rangkuman analisis tegangan jatuh 6 konfigurasi sistem suplai daya. ....	72
4.12	Perbaikan menggunakan software simulasi.....	79
4.12.1	Perbaikan dengan penggantian kabel .....	79
4.12.2	Perbaikan dengan capasitor .....	83
4.12.3	Perbandingan perbaikan dengan pergantian kabel dan capasitor .....	87
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>89</b>
5.1	Kesimpulan.....	89
5.2	Saran.....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>91</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>93</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>169</b>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kapal Eureka 1961 .....	6
Gambar 2. 2 Enam derajat kebebasan pada kapal .....	7
Gambar 2. 3 Diagram skematik dari sistem dynamic positioning .....	8
Gambar 2. 4 Hubungan antar elemen pada sistem DP secara ringkas .....	9
Gambar 2. 5 Contoh konfigurasi thruster pada kapal dengan dynamic positioning system .....	12
Gambar 2. 6 ilustrasi sistem DP pada kapal OSV .....	13
Gambar 2. 7 Diagram klasifikasi jenis-jenis motor listrik.....	13
Gambar 2. 8 Aliran air dalam bejana.....	18
Gambar 2. 9 Standar tegangan jatuh berdasarkan BKI .....	21
Gambar 2. 10 Perbaikan factor daya .....	21
Gambar 3. 1 <i>Flow Chart Metodeologi Penelitian</i> .....	26
Gambar 4. 1 Kapal BNI Castor .....	29
Gambar 4. 2 Perhitungan ukuran busbar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 3 <i>Electrical schematic digram</i> Kapal AHTS BNI Castor.....	32
Gambar 4. 4 <i>Re-drawing Single line diagram</i> pada <i>software simulasi(1)</i> .....	32
Gambar 4. 5 <i>Re-drawing Single line diagram</i> pada <i>software simulasi(2)</i> .....	33
Gambar 4. 6 Konfigurasi skenario 1 <i>split plant (2 generatator thruster)</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> .....	36
Gambar 4. 7 konfigurasi skenario 2 <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> ) .....	39
Gambar 4. 8 konfigurasi skenario 3 <i>closed bus</i> (satu <i>generator thruster</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> ) .....	43
Gambar 4. 9 konfigurasi skenario 4 <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> + dua <i>diesel generator</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> + beban peralatan listrik) (1).....	45
Gambar 4. 10 konfigurasi skenario 4 <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> + dua <i>diesel generator</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> + beban peralatan listrik) (2).....	46
Gambar 4. 11 konfigurasi skenario 5 <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> + satu <i>diesel generator</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> + beban peralatan listrik) (1).....	57
Gambar 4. 12 konfigurasi skenario 5 <i>closed bus</i> (dua <i>generator thruster</i> + satu <i>diesel generator</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> + beban peralatan listrik)(2).....	57
Gambar 4. 13 konfigurasi skenario 6 <i>closed bus</i> (satu <i>generator thruster</i> + dua <i>diesel generator</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> + beban peralatan listrik esensial) (1) .....	68
Gambar 4. 14 konfigurasi skenario 6 <i>closed bus</i> (satu <i>generator thruster</i> + dua <i>diesel generator</i> untuk dua buah <i>bow thruster</i> + beban peralatan listrik esensial) (2) .....	69
Gambar 4. 15 Letak kabel yang perlu diperbaiki pada <i>single line diagram</i> skenario 5 .	80
Gambar 4. 16 Rangkaian kapasitor pada bus <i>bow thruster</i> .....	83
Grafik 4. 1 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 1 .....	73
Grafik 4. 2 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 2 .....	74
Grafik 4. 3 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 3 .....	75
Grafik 4. 4 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 4 .....	76
Grafik 4. 5 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 5 .....	77
Grafik 4. 6 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 6 .....	78

Grafik 4. 7 Perbandingan nilai tegangan jatuh setelah perbaikan pada skenario 5 variasi beban 2 .....	87
Grafik 4. 8 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 1 variasi beban 2 setelah perbaikan .....	93
Grafik 4. 9 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 1 variasi beban 3 setelah perbaikan .....	93
Grafik 4. 10 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 2 variasi beban 2 setelah perbaikan .....	94
Grafik 4. 11 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 2 variasi beban 4 setelah perbaikan .....	94
Grafik 4. 12 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 3 variasi beban 2 setelah perbaikan .....	95
Grafik 4. 13 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 5 variasi beban 4 setelah perbaikan .....	95
Grafik 4. 14 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 6 variasi beban 2 setelah perbaikan .....	96

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standard drop voltage IEC .....	20
Tabel 4. 1 Variasi Beban pada skenario 1 .....	33
Tabel 4. 2 Variasi Beban pada skenario 2 .....	34
Tabel 4. 3 Variasi Beban pada skenario 3 .....	34
Tabel 4. 4 Variasi Beban pada skenario 3 .....	35
Tabel 4. 5 Variasi Beban pada skenario 5 .....	35
Tabel 4. 6 Variasi Beban pada skenario 6 .....	36
Tabel 4. 7 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 1 .....	37
Tabel 4. 8 Nilai tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 1 .....	37
Tabel 4. 9 Peringatan kondisi kritis pada skenario 1 variasi beban 1 .....	37
Tabel 4. 10 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 2 .....	37
Tabel 4. 11 Nilai tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 2 .....	37
Tabel 4. 12 Peringatan kondisi kritis pada skenario 1 variasi beban 2 .....	38
Tabel 4. 13 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 3 .....	38
Tabel 4. 14 Nilai tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 3 .....	38
Tabel 4. 15 Peringatan kondisi kritis pada skenario 1 variasi beban 3 .....	38
Tabel 4. 16 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 1 .....	39
Tabel 4. 17 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 1 .....	40
Tabel 4. 18 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 1 .....	40
Tabel 4. 19 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 2 .....	40
Tabel 4. 20 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 2 .....	40
Tabel 4. 21 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 2 .....	40
Tabel 4. 22 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 3 .....	41
Tabel 4. 23 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 3 .....	41
Tabel 4. 24 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 3 .....	41
Tabel 4. 25 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 4 .....	41
Tabel 4. 26 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 4 .....	41
Tabel 4. 27 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 4 .....	42
Tabel 4. 28 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 1 .....	43
Tabel 4. 29 Nilai tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 1 .....	43
Tabel 4. 30 Peringatan kondisi kritis pada skenario 3 variasi beban 1 .....	44
Tabel 4. 31 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 2 .....	44
Tabel 4. 32 Nilai tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 2 .....	44
Tabel 4. 33 Peringatan kondisi kritis pada skenario 3 variasi beban 2 .....	44
Tabel 4. 34 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 1 .....	46
Tabel 4. 35 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 1 .....	47
Tabel 4. 36 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 1 .....	48
Tabel 4. 37 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 2 .....	49
Tabel 4. 38 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 2 .....	50
Tabel 4. 39 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 2 .....	51
Tabel 4. 40 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 3 .....	51
Tabel 4. 41 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 3 .....	52
Tabel 4. 42 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 3 .....	53
Tabel 4. 43 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 4 .....	54

Tabel 4. 44 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 4 .....	55
Tabel 4. 45 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 4 .....	56
Tabel 4. 46 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 1 .....	58
Tabel 4. 47 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 1 .....	59
Tabel 4. 48 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 1 .....	60
Tabel 4. 49 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 .....	60
Tabel 4. 50 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 .....	61
Tabel 4. 51 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 2 .....	62
Tabel 4. 52 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 3 .....	63
Tabel 4. 53 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 3 .....	64
Tabel 4. 54 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 3 .....	65
Tabel 4. 55 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 4 .....	65
Tabel 4. 56 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 4 .....	66
Tabel 4. 57 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 4 .....	67
Tabel 4. 58 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 1 .....	69
Tabel 4. 59 Nilai tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 1 .....	70
Tabel 4. 60 Peringatan kondisi kritis pada skenario 6 variasi beban 1 .....	70
Tabel 4. 61 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 2 .....	71
Tabel 4. 62 Nilai tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 2 .....	71
Tabel 4. 63 Peringatan kondisi kritis pada skenario 6 variasi beban 2 .....	72
Tabel 4. 64 Rangkuman nilai tegangan jatuh yang melewati standar tegangan jatuh pada setiap skenario konfigurasi .....	79
Tabel 4. 65 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan pergantian kabel .....	81
Tabel 4. 66 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan pergantian kabel .....	82
Tabel 4. 67 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan penambahan kapasitor .....	85
Tabel 4. 68 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan penambahan kapasitor .....	86
Tabel 4. 69 perbandingan nilai tegangan jatuh setelah perbaikan pada skenario 5 variasi beban 2 .....	88



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pekerjaan diatas laut tidak lepas dari kapal dan bangunan laut. Beberapa Kapal khusus dan Bangunan laut dituntut untuk dapat mempertahankan posisi dalam beberapa waktu untuk menyelesaikan pekerjaan diatas laut. Ditambah lagi saat berada di laut dalam tidak memungkinkan dilakukan *anchoring dan mooring*. Seperti contohnya pada kapal *cable laying vessel, pipes laying vessel, heavy lifting, logistic vessels, mobile offshore drilling units* dan lain lain yang bekerja di laut dalam.

*Dynamic Positioning* merupakan sistem kontrol kompleks yang memiliki fungsi utama secara otomatis menjaga suatu bangunan laut atau kapal melawan 6 derajat kebebasan kapal dan gangguan dari gelombang laut, arus laut, dan udara untuk berada pada posisi yang ditentukan ataupun bergerak menuju *way point* yang sudah di rencanakan. Terdapat 3 komponen utama dalam *Dynamic Postioning system* secara umum yaitu *control system, power system, dan propulsion system* (Holvik, 1998).

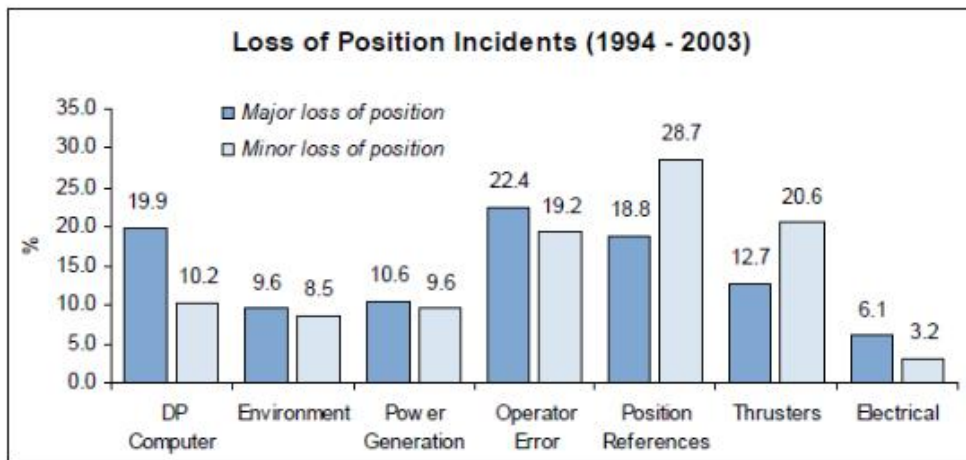
Menurut salah satu *classification requirements 3 class Dynamic Positioning System* dibagi berdasarkan keandalannya. Pada DP kelas 0 dan 1 tidak memiliki redundansi. DP 2 dan DP 3 memiliki redundansi yang fungsinya untuk meningkatkan keandalan suatu kapal, dan untuk mengurangi kemungkinan kehilangan posisi karena risiko pekerjaan dengan kondisi alam yang *ekstrim* (Amaerican Bureau of Shipping, 2013).

Redundansi pada kapal dengan kelas DP 2 dan DP 3 terdapat pada komponen aktif sistem *dynamic positioning* seperti generator, thruster, dan lainnya. Sehingga jika terjadi kegagalan tunggal pada salah satu komponen aktif, tidak akan terjadi kemungkinan kehilangan posisi kapal saat penggunaan *dynamic positioning mode*.

Umumnya Kapal dengan *dynamic positioning system* menggunakan motor elektrik terutama pada *bow thruster* dan *stern thruster*. Untuk menjaga suatu kapal di laut lepas dapat berada pada posisi yang diinginkan maupun bergerak mengikuti *refrence point* yang telah dibuat maka suatu motor listrik tersebut harus dapat bekerja dengan load yang naik turun secara signifikan mengikuti keadaan cuaca. Terdapat beberapa factor yang mempengaruhi terjadinya kehilangan posisi pada kapal maupun bangunan aut dengan sistem DP yaitu factor ingkungan dimana perubahan cuaca tiba tiba akan pengaruhi pembacaan sensor-sensor, DP operator atau *Human error* kurangnya pengalaman, kebiasaan saat bekerja ataupun pengetahuan mengenai DP, serta komponen *dynamic positioning system* sendiri salah satunya kehilangan daya pada sistem *power supply*.

pada kapal umumnya ada dua yaitu *split bus* maupun *closed bus*. Umumnya kapal menggunakan konfigurasi closed bus dimana seluruh beban mendapatkan suplai daya dari satu main bus yang disuplai oleh beberapa generator. Namun, untuk kapal dengan sistem DP yang dituntut memiliki tingkat keandalan tinggi. *closed bus* memiliki kekurangan dimana jika terjadi kegagalan pada main bus akan mempengaruhi seluruh beban listrik, sehingga Kapal dengan sistem DP umumnya

menggunakan konfigurasi *split bus* yaitu, konfigurasi dimana satu beban contohnya *thruster* di suplai oleh satu generator independen untuk meningkatkan keandalannya (Roa, 2016). Namun, konfigurasi ini juga memiliki kekurangan dari aspek efisiensi dan emisi yang di timbulkan oleh suplai dayanya . Meskipun sudah memiliki keandalan yang tinggi dari data statistic tahun 1994-2003 kegagalan kehilangan posisi yang fatal akibat suplai daya sebesar 10,6% dan sistem elektrikal 6,1% (Li, 2013). dapat dilihat pada data statistik insiden DP di bawah ini .



Gambar 1. 1 Data Statistik *loss of position incidents* (1994-2003)

Sumber : Tjallema, 2007

Oleh karena itu, dibutuhkan kualitas tegangan yang baik agar tidak terjadi kerusakan pada komponen listrik khususnya motor listrik sebagai komponen inti *dynamic positioning system*. Tegangan jatuh atau *drop voltage* ialah suatu kondisi dimana jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya (beban listrik) (Wahyudianto et al., 2016) Kondisi tersebut dapat membuat kualitas tegangan menjadi buruk dan mengakibatkan meningkatnya arus listrik (Wahyudianto et al., 2016).

Akibat jatuh tegangan yang melebihi standar atau toleransi akan mengakibatkan peralatan listrik atau beban listrik tidak bisa bekerja secara maksimal bahkan akan menimbulkan kerusakan (Asy'ari, 2011) untuk mengurangi terjadinya kerusakan atau pun kegagalan pada motor listrik akibat tegangan jatuh dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis tegangan jatuh pada sistem kelistrikan Kapal AHTS BNI Castor akibat penggunaan propulsi elektrik pada saat *dynamic positioning mode* pada beberapa konfigurasi suplai daya menggunakan metode simulasi. Salah satu cara perhitungan tegangan jatuh yaitu dengan *load flow analysis* yang di simulasikan menggunakan *software*, dengan metode newton-raphson. Pada saat simulasi sistem yang bermasalah akan menampilkan nilai dan tanda berwarna merah.

*Load flow studies* digunakan untuk mengetahui aliran daya listrik yang ditransfer dari generator kepada beban-beban listrik pada tugas akhir ini tentunya

pada beban peralatan listrik di kapal yang melewati *grid system* dengan stabil, keandalan penuh, dan ekonomis (Dharamjit and D.K, 2012)

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Berapa nilai tegangan jatuh yang terjadi pada sistem kelistrikan kapal akibat penggunaan Thruster elektrik saat penggunaan sistem *dynamic positioning* ?
2. Apakah drop tegangan saat penggunaan sistem *dynamic positioning* berdasarkan software simulasi memenuhi standard drop tegangan ?
3. Jika drop tegangan yang terjadi belum memenuhi standard, bagaimana cara sistem kelistrikan agar dapat memenuhi standard ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hanya menganalisis tegangan jatuh yang terjadi pada sistem kelistrikan di kapal AHTS BNI Castor akibat penggunaan motor elektrik pada *dynamic positioning mode*.
2. Tidak melakukan analisis terhadap performa dari motor listrik.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai tegangan jatuh yang terjadi pada sistem kelistrikan di kapal AHTS BNI Castor akibat penggunaan sistem propulsi elektrik pada *mode dynamic positioning*.
2. Mengetahui nilai tegangan jatuh yang terjadi berdasarkan software simulasi memenuhi standar tegangan jatuh atau tidak.
3. Memberikan solusi memperbaiki tegangan jatuh yang terjadi agar dapat memenuhi standard tegangan jatuh

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komponen-komponen dan mode operasi yang digunakan pada kapal dengan sistem *dynamic positioning*.
2. Mengetahui nilai tegangan jatuh yang terjadi pada sistem kelistrikan kapal AHTS BNI Castor yang menggunakan sistem propulsi elektrik saat penggunaan sistem *dynamic positioning*.
3. Mengetahui apakah nilai tegangan jatuh pada sistem kelistrikan kapal AHTS BNI Castor saat penggunaan sistem *dynamic positioning* memenuhi standar tegangan jatuh atau tidak
4. Mendapatkan rekomendasi bagaimana cara mendeteksi dan memperbaiki tegangan jatuh yang terjadi pada sistem kelistrikan kapal AHTS BNI Castor akibat penggunaan motor elektrik pada *mode dynamic positioning*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kapal AHTS**

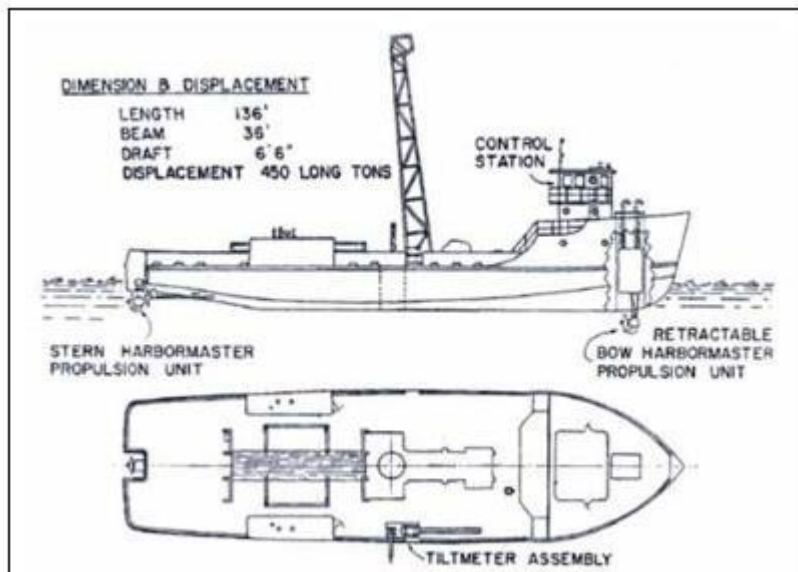
*Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk melayani pekerjaan - pekerjaan eksplorasi dilepas pantai atau *offshore*. Kapal *Anchor Handling Tug Supply* ini mempunyai ciri khusus seperti badan kapal kecil dengan daya mesin induk yang besar, sistem propeller ganda dan dilengkapi dengan alat bantu manuver untuk mempertahankan posisi (Bow Thruster, Stern Thruster, dan Azimuth Thruster). Perlengkapan kerja lainnya berupa *Anchor*, *Towing Winch Engine* dan perlengkapan tangki – tangki untuk mutan curah (*Bulk Material Tank*) dan perlengkapan – perlengkapan lain yang sewaktu-waktu bisa berubah. Di beberapa kasus, AHTS *vessel* juga difungsikan sebagai kapal penyelamat darurat atau *Emergency Rescue and Recovery Vessel* (ERRV) (Sutisna S et al., 2017). Kapal AHTS umumnya dilengkapi dengan sistem DP untuk mendukung pekerjaannya klasifikasi sistem DP pada AHTS berdasarkan analisis risiko pada jenis pekerjaan dan lokasi operasi kapal tersebut.

#### **2.2 Dynamic Positioning**

*Dynamic positioning* dimulai pada tahun 1960 pada saat itu untuk membantu melaksanakan pengeboran lepas pantai. pengeboran saat itu mulai bergerak dari lepas pantai menuju laut dalam, saat itu tongkang Jack-up pun tidak dapat lagi digunakan dan cara anchoring menjadi kurang ekonomis.

Pada awalnya kapal dengan *dyanamic positioning* pertama hanya memiliki pengendali analog namun tidak memiliki redundansi, setelah berjalannya waktu kemudian dilakukan perbaikan pada sistem *dynamic positioning*. Dewasa ini, penggunaan *dynamic positinong system* tidak hanya pada kapal-kapal offshore saja. Karena, saat ini DP tidak terbatas hanya untuk dapat mempertahankan posisi suatu kapal saja. Salah satu kemungkinan lainnya adalah berlayar dengan tepat menuju *way point* yang di rencanakan, berguna untuk proyek *cable laying*, *pipe laying*, *survey* dan tugas lainnya

"Eureka" di bangun pada tahun 1961 merupakan kapal pertama yang dilengkapi dengan sistem yang komply dengan definis dari DP. "Eureka" dengan menggunakan dua buah thruster pada bagian *bow* dan *stern* membuat kapal tersebut mampu menjaga posisinya secara otomatis (Li, 2013).pada gambar 1.1 dapat dilihat ilustrasi kapal "eureka". Keandalan serta kapabilitas dai sistem pada wkatu tidak cukup tinggi, sistem DP pada saat itu juga hanya digunakan untuk pekerjaan offshore yang mudah.



Gambar 2. 1 Kapal Eureka 1961  
 Sumber : <http://gcaptain.com/history/>

Tujuan utama sistem DP adalah untuk kontrol otomatis kapal atau bangunan laut untuk mempertahankan atau menjaga posisi serta pergerakannya dengan menggunakan propeller, kemudi, dan beberapa *thruster*.

Terdapat gaya internal maupun eksternal yang bekerja pada kapal, yang membuat kapal memiliki 6 derajat kebebasan di laut, suatu kapal dapat bergerak ke 6 sumbu gerak, antara lain ; tiga gerakan secara translasi, diilustrasikan pada gambar dibawah.

*surge (forward/astern)*

*sway (starboard/port)*

*heave (up/down)*

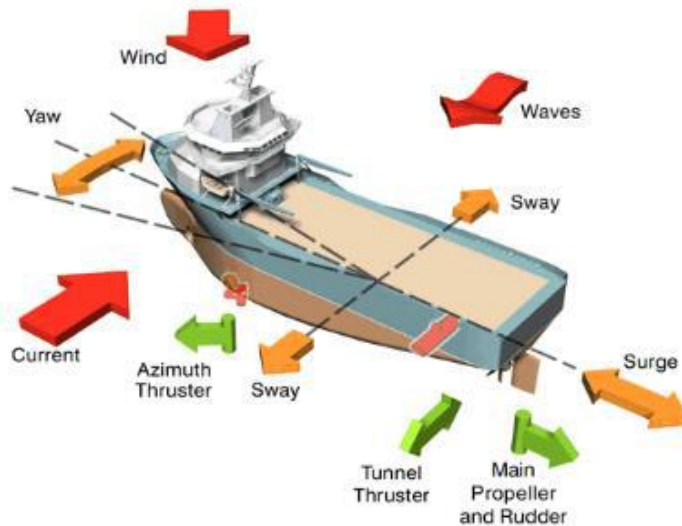
serta tiga gerakan secara rotasi :

*roll (rotation about surge axis)*

*pitch (rotation about sway axis)*

*yaw (rotation about heave axis)*

*Dynamic positioning system* hanya dapat mengontrol atau mengatasi gaya horisontal yang bekerja pada kapal yaitu 3 sumbu : *surge, sway and yaw* (Holvik, 1998)

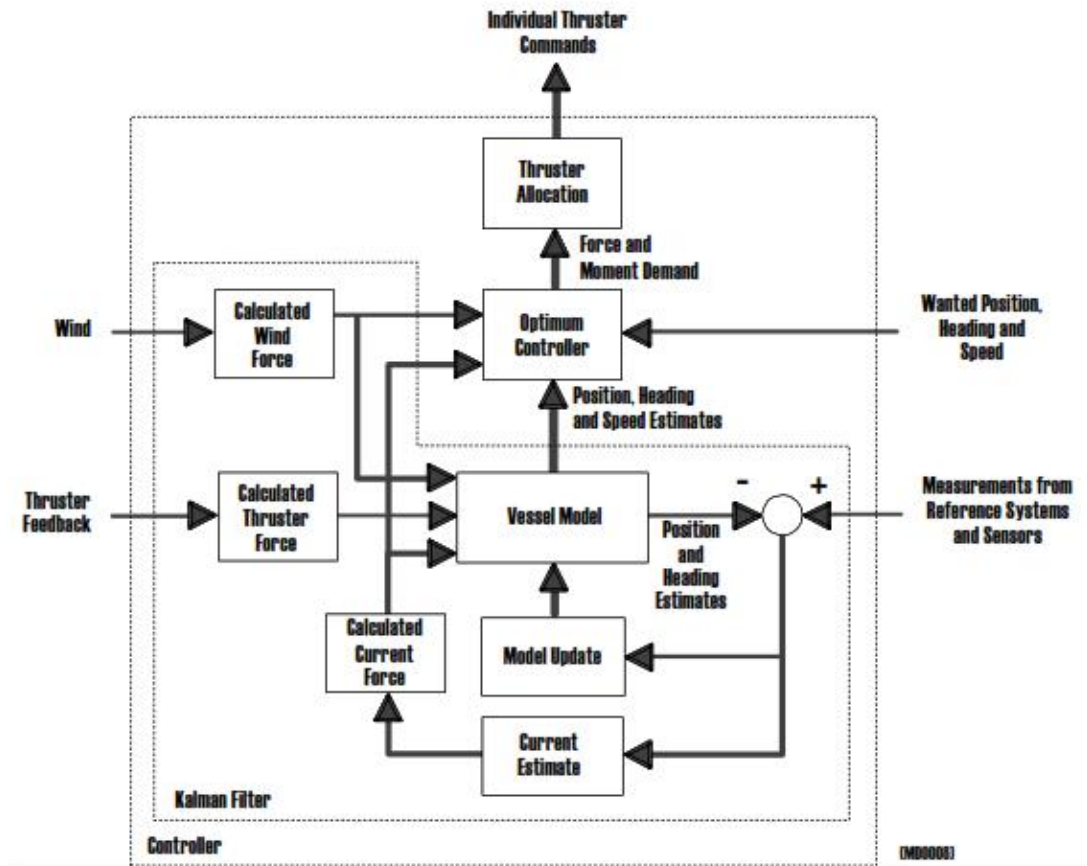


Gambar 2. 2 Enam derajat kebebasan pada kapal  
 Sumber : (<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/>)

*Dynamic positioning* didefinisikan oleh (IMCA, 2003), (International Marine Contractors Association) sebagai: "Suatu sistem yang secara otomatis mengendalikan posisi kapal dan arahnya dengan menggunakan pendorong aktif".

Definisi ini menjelaskan bahwa DP system dapat menjaga posisi kapal pada suatu ordinat tertentu, manouver dengan jalur yang telah ditentukan, dan juga *tracking*. Untuk melakukan semua tugas diatas, pembagian tugas dan sumber harus dirincikan dengan jelas.

Sistem DP memiliki suatu program komputer yang membuat pergerakan *surge*, *sway* and *yaw* dapat dengan otomatis di kontrol, untuk menjaga posisi kapal atau bangunan laut lainnya. Komputer tersebut akan mendapatkan data dari *references and sensors* dan membandingkan dengan *pre-set data*. Lalu sistem kontrol DP akan mengkontrol sistem propulsi untuk mengeliminasi error-error diantara posisi aktualnya dan *heading* data dan *pre-set data* (Li, 2013). Prosedur pekerjaan sistem DP secara simple diilustrasikan pada gambar dibawah



Gambar 2. 3 Diagram skematik dari sistem dynamic positioning

Sumber : [http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_positioning](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_positioning)

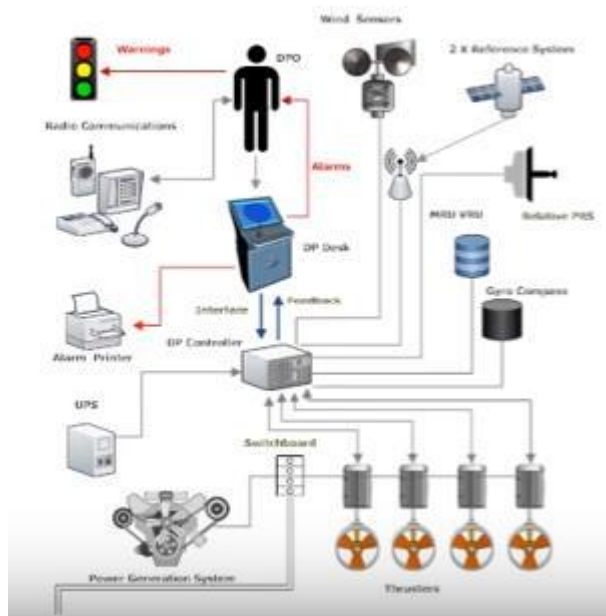
### 2.2.1 Elemen umum pada *dynamic positioning*

*Dynamic positioning system* terdiri dari 3 bagian utama yaitu ;

- *DP control system* : terdiri dari beberapa sub system yaitu : control system *dynamic positioning*; sistem sensor-sensor; *display system*; *associated cabling* dan *positioning reference system*.
  - *Positioning reference system*, system ini menyediakan seluruh data referensi system DP, seperti system DGPS, *taut wire position reference system*, dan *acoustic position reference systems*.
- *Power systems*: seluruh komponen dan system yang penting untuk menyuplai daya menuju system DP. System power terdiri dari : *prime movers* dengan system pendukung yang penting lainnya; generator; *switchboards*; *uninterruptable power supplies* dan baterai; system distribusi; *power management system* (Lloyd rules).



- *Thruster System* : umumnya, terdapat dua buah jenis yang biasa digunakan pada kapal dengan sistem DP : *tunnel thruster* dan *azimuth thruster*. Sebuah *azimuth thruster* dapat memberikan gaya pada 360 derajat pergerakan. Disamping *thruster* sendiri, *thruster system* juga termasuk *control part* dan *power supply part* (Li, 2013). Berikut ini adalah salah satu contoh hubungan antar elemen dari sistem DP secara ringkas



Gambar 2. 4 Hubungan antar elemen pada sistem DP secara ringkas  
 Sumber : [https://www.youtube.com/watch?v=\\_RD\\_dehNnp0&t=42s](https://www.youtube.com/watch?v=_RD_dehNnp0&t=42s)

1. Seorang operator DP (STC OOW Minimum)
2. Sebuah DP controller computer
3. Man machine interface or DP desk
4. Power generation system & switchboard
5. Thrusters and motors (station keeping)
6. 2 reference systems for position (PRS) (surge, sway)
7. Gyrocompass for heading (yaw)
8. Motion Reference Units (MRU) (heave, pitch, roll)
9. Sensor lingkungan (i.e. wind sensors)
10. Feedback to the controller (The model)
11. Backup Uninterruptable Power Supply (UPS)
12. Communications system
13. System alarms dan alarmed printer
14. Alerting or alarm system traffic lights.

### 2.2.2 Mode Operasi pada *Dynamic Positioning System*

Berdasarkan *marine technology society*, terdapat tiga jenis *dynamic positioning vessel* berdasarkan pekerjaan industrial yaitu *mobile offshore drilling units (MODUs)*, *Project construction vessel*, dan *Logistics vessel* (marine technology comitee marine technology comitee, 2012). Setiap kapal tersebut memiliki mode operasi yang berbeda untuk menyelesaikan misi yang berbeda beda, namun pada umumnya terdapat enam mode operasi pada kapal dengan DP system menurut DPC, *marine technology society*, yaitu :

1. *Mode Manual / Joystick* memungkinkan operator mengendalikan kapal secara manual menggunakan joystick untuk kontrol posisi dan kontroler putar untuk kontrol pos.
2. *Mode Auto Position* dan *Auto Heading* secara otomatis mempertahankan posisi dan heading yang diinginkan.
3. *Mode Auto Area Position* secara otomatis menjaga kapal di dalam area yang diperbolehkan dan dalam batas *theme* yang diperbolehkan saat menggunakan jumlah daya minimum.
4. *Mode Auto Track* (kecepatan rendah dan kecepatan tinggi) kapal memiliki kemampuan untuk mengikuti jalur tertentu yang dijelaskan oleh satu set titik arah.
5. *Mode Autopilot* memungkinkan kapal untuk mengarahkan secara otomatis pada jalur yang telah ditentukan.
6. *Mode Follow Target* memungkinkan kapal untuk secara otomatis mengikuti set point yang selalu berubah (Holvik, 1998)

### 2.2.3 Klasifikasi *dynamic positioning*

*IMO Marine Safety Committee Circular 645 (MSC 645)*, 'Guidance for Vessel with Dynamic Positioning Systems', 1994 dimaksudkan untuk memberikan standar internasional untuk sistem penentuan *Dynamic positioning*.

Dokumen ini mendefinisikan tiga kelas peralatan DP yang dimaksudkan untuk memberikan tingkat keandalan stasiun yang berbeda yang dapat disesuaikan dengan konsekuensi kehilangan posisi. Ketiga kelas peralatan didefinisikan oleh efek kegagalan dan sifat kegagalan yang harus diperhatikan.

IMO MSC 645 tidak membahas misi industri kapal. Kelas peralatan kapal yang dibutuhkan untuk operasi tertentu harus disetujui antara pemilik kapal dan pelanggannya masing-masing berdasarkan analisis risiko kehilangan posisi. Beberapa Negara Bagian Pantai menerapkan persyaratan Kelas Peralatan Kelas minimum untuk kegiatan yang dilakukan di dalam wilayah mereka (Lloyd registers, 1994). Sistem DP dirancang untuk memiliki tingkat kemampuan, keandalan dan redundansi stasiun tertentu. Notasi kelas DP System membahas keandalan berdasarkan redundansi dan toleransi kesalahan sistem DP.

Berikut adalah *DP equipment class* :

- i. Untuk kapal dengan notasi DPS-0, atau DPS-1, kehilangan posisi dapat terjadi jika terjadi kesalahan tunggal, tidak ada persyaratan untuk sistem

redundansi. Untuk notasi DPS-0, sistem penentuan posisi dinamis adalah memiliki sistem kontrol posisi manual. Untuk notasi DPS-1, sistem penentuan posisi dinamis adalah termasuk automatic dynamic positioning system dan sistem kontrol posisi manual

- ii. Untuk kapal dengan notasi DPS-2, kehilangan posisi mungkin tidak terjadi jika terjadi kesalahan tunggal pada komponen atau sistem aktif apapun (generator, pendorong, switchboards, komputer kontrol DP, sensor, katup kendali jarak jauh, dll.), tidak termasuk kehilangan kompartemen
- iii. Untuk kapal dengan notasi DPS-3, kehilangan posisi mungkin tidak terjadi jika terjadi kesalahan tunggal pada komponen atau sistem aktif atau statis, termasuk kehilangan kompartemen akibat kebakaran ataupun banjir (Lloyd registers, 1994)

Selain klasifikasi kelas berdasarkan *Equipment* terdapat klasifikasi dari Norwegian Maritime Authority (NMA) yang menentukan kelas apa yang harus digunakan sehubungan dengan risiko operasi. Dalam NMA Guidelines and Notes No. 28, enclosure terdapat empat kelas didefinisikan:

- Kelas 0 Operasi dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi tidak dianggap membahayakan kehidupan manusia, atau menyebabkan kerusakan.
- Operasi Kelas 1 dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi dapat menyebabkan kerusakan atau polusi akibat kecil.
- Operasi Kelas 2 dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi dapat menyebabkan cedera, polusi, atau kerusakan dengan konsekuensi ekonomi yang besar.
- Operasi Kelas 3 dimana kehilangan kemampuan menjaga posisi dapat menyebabkan kecelakaan fatal, atau polusi atau kerusakan parah dengan konsekuensi ekonomi utama.

Berdasarkan jenis kapal ini ditentukan untuk setiap operasi:

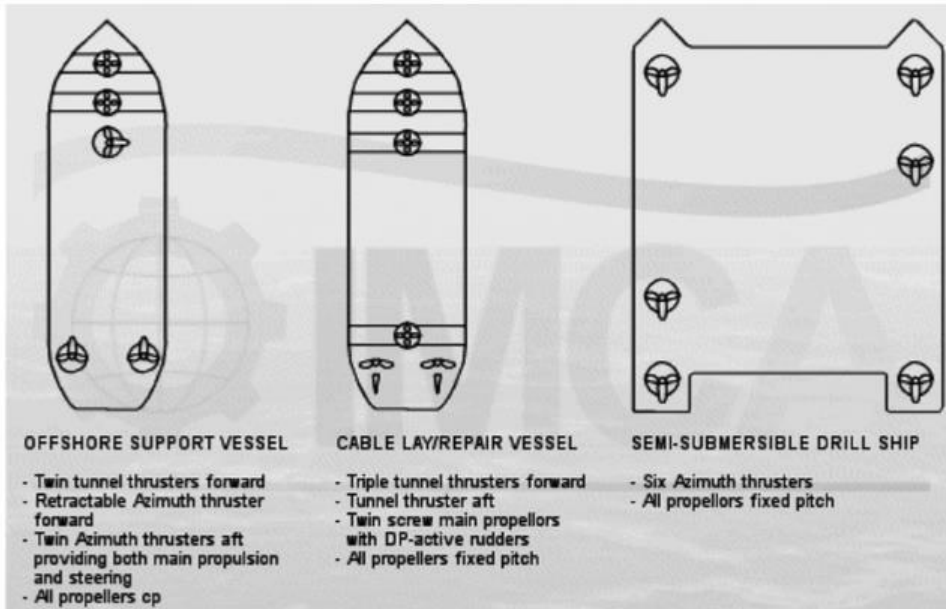
- Unit Kelas 1 DP dengan kelas peralatan 1 harus digunakan selama operasi dimana kehilangan posisi tidak dianggap membahayakan jiwa manusia, menyebabkan kerusakan yang signifikan atau lebih dari polusi minimal.
- Unit kelas 2 DP dengan kelas peralatan 2 harus digunakan selama operasi dimana kehilangan posisi dapat menyebabkan cedera personil, polusi atau kerusakan dengan konsekuensi ekonomi yang besar.
- Unit kelas 3 DP dengan kelas peralatan 3 harus digunakan selama operasi dimana kehilangan posisi dapat menyebabkan kecelakaan fatal, polusi berat atau kerusakan dengan konsekuensi ekonomi utama.

### **2.3 Sistem *thruster* dengan *dynamic positioning system***

Suatu kapal dapat bergerak karena sistem pendorong atau sistem penggerak kapal tersebut mampu melawan gaya yang bekerja pada lambung kapal atau tahanan kapal. Terdapat banyak pilihan konfigurasi *propulsion plant* contohnya pada kapal

*offshore dupply vessels, propulsion plants* dibagi menjadi tiga yaitu *diesel mechanical, hybrid propulsion, dan diesel electrical* (Herdzik, 2013)

Dewasa ini *diesel electrical* menjadi tipe propulsi yang paling banyak dipakai di kapal-kapal dengan DP system. Pada kapal dengan sistem DP terdapat 3 jenis sistem propulsi utama yaitu *main propeller (surge and yaw motion)*, *Tunnel thruster (sway and yaw motion)* dan *asimuth thruster (sway and yaw motion)* (marine technology comitee, 2012). Konfigurasi serta jumlah propulsi yang digunakan pada tiap kapal dengan DP system tergantung dengan misi dan kebutuhan kapal tersebut.



Gambar 2. 5 Contoh konfigurasi thruster pada kapal dengan dynamic positioning system

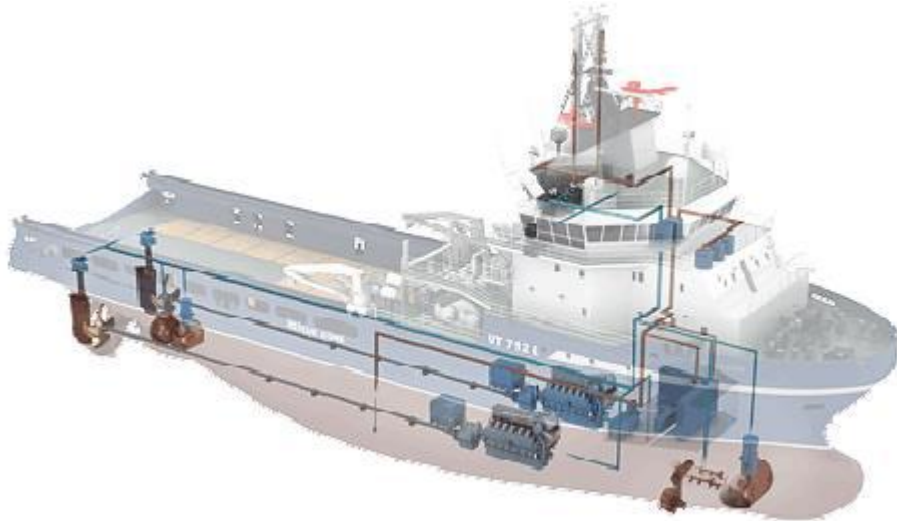
Sumber : <https://www.imca-int.com/divisions/marine/>

Kapal dengan sistem DP harus memiliki konfigurasi serta lokasi propulsi yang tepat untuk dapat mengendalikan kapal dengan baik. Umumnya kapal dengan DP sistem memiliki lambung tunggal yang di konfigurasi dengan enam pendorong yang di letakkan tiga pada haluan dan tiga pada sisi buritan lambung kapal, jenis propulso yang biasa diletakkan pada jenis kapal lambung tunggal yaitu *tunnel thruster*. Propulsi yang biasanya juga digunakan pada buritan dan haluan yaitu *Azimuth thruster*, *Azimuth thruster* berlokasi di bawah dasar kapal dimana memiliki kemampuan untuk berputar dan memberikan dorongan kesegala arah.

## 2.4 Penggunaan sistem DP pada kapal AHTS atau OSV

Sebuah kapal OSV yang dilengkapi dengan sistem DP dapat melakukan beberapa pekerjaan antara lain : penyelaman dan operasi penunjang ROV; *offshore*

*supplying support; cable lay* dan operasi perbaikan; *seabed tractors* dan operasi pengerukan; survey dan operasi penunjang ROV; operasi *pipe laying*; operasi *rock dumping*; operasi *dredging* dan seterusnya. Dengan bantuan dari sistem DP, efisiensi dari operasi meningkat sangat drastis, karena tidak di perlukannya operaso secara manual (Li, 2013).

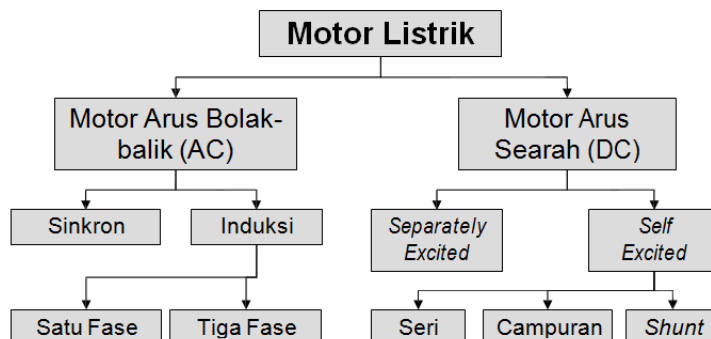


Gambar 2. 6 ilustrasi sistem DP pada kapal OSV

Sumber : [http://www.rolls-royce.com/marine/products/automation\\_control/positioning\\_systems/](http://www.rolls-royce.com/marine/products/automation_control/positioning_systems/)

## 2.5 Motor listrik

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor (Sumanto, 1995). Berikut adalah klasifikasi jenis-jenis motor listrik



Gambar 2. 7 Diagram klasifikasi jenis-jenis motor listrik

Sumber : Laporan praktikum listrik perkapalan

Prinsip kerja motor listrik, tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa : kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok:

- Beban torsi konstan, adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya, namun torsiya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torsi konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
- Beban dengan torsi variabel, adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan torsi variabel adalah pompa sentrifugal dan fan (torsi bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
- Beban dengan energi konstan, adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

## **2.6 Jenis-jenis motor listrik**

Motor listrik digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu mesin arus searah dan mesin arus bolak-balik. Motor arus bolak-balik, terutama motor induksi terbanyak dipakai dalam industri, sedangkan motor arus searah dipergunakan untuk tujuan-tujuan khusus.

### **2.6.1 Motor DC**

Motor DC adalah sebuah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa putaran, dikatakan motor dc disebabkan oleh sumber tegangannya yang menggunakan sumber tegangan arus searah atau yang sering disebut dengan *direct current* (DC). Motor dc harus memiliki komponen tambahan yaitu penguat, oleh karena itu Motor DC dibagi menjadi dua yaitu Motor DC penguatan sendiri dan Motor DC pengatan terpisah .

### **2.6.2 Motor AC**

Motor AC merupakan sebuah motor listrik yang tenaga penggerakanya berasal dari arus bolak-balik (arus AC). Motor AC lebih sering digunakan dalam industri dari pada motor DC. Tetapi motor AC ini tidak dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan rendah dan juga umumnya memiliki torsi yang kecil sehingga banyak digunakan pada aplikasi kompen listrik dengan beban rendah seperti compressor, motor, atau pompa. Motor AC juga memiliki karakteristik sulit dalam pengaturan

kecepatan, dimana diperlukan inverter untuk mengatur pasokan daya menuju motor listrik jenis ini.

## 2.7 Prinsip kerja Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbulah medan putar dengan kecepatan

$$N_s = 120f / P \quad (2.1)$$

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi atau gaya gerak listrik (ggl) perfasa sebesar:

$$E_r = 4,44 f_s N_r \Phi_m \quad (2.2)$$

Karena kumparan rotor merupakan  $m$  rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya Lorentz (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor rotor oleh medan magnet putar stator. Artinya agar adanya tegangan terinduksi maka diperlukan relatif antara kecepatan medan magnet putar stator ( $N_s$ ) dan kecepatan putar rotor ( $N_r$ ). Dan perbedaan antara  $N_s$  dan  $N_r$  ini disebut dengan slip (S). yang dinyatakan dengan

$$Slip = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100\% \quad (2.3)$$

Bila  $N_r = N_s$ , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan timbul bila  $N_r < N_s$ . Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron (Berlianti, 2015).

## 2.8 Sistem distribusi listrik

Sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi tiga tahapan yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Dalam penyaluran tenaga listrik, sistem distribusi merupakan bagian penting untuk menyalurkan energi listrik kepada konsumen. Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit konvensional memerlukan sistem transmisi dan distribusi agar tenaga listrik bisa sampai memenuhi kebutuhan beban. Sistem distribusi bertugas untuk membagi tenaga listrik ke beberapa pusat beban melalui gardu induk dan gardu hubung (Arbi, 2017). Pada kapal umumnya ada dua sistem konfigurasi distribusi yaitu *open (split) bus* dan *closed bus*.

### 2.8.1 Open (split) Bus

Konfigurasi *open (split) bus* merupakan tipikal yang paling sering digunakan pada kapal dengan *dynami positioning system*. konfigurasi *split plant (islanded)* memiliki keunggulan dimana konfigurasi ini mengeliminasi serta mengurangi kemungkinan terjadinya satu kegagalan yang berdampak pada seluruh sistem kelistrikan. Contoh konfigurasi *split plant* pada kapal yaitu pada kapal dengan dua *thruster* masing-masing *thruster* mendapatkan daya oleh masing-masing satu

generator independen. Dengan konfigurasi ini jika terjadi insiden pada salah satu bus tidak akan mempengaruhi bus atau sistem listrik lainnya (Roa, 2016).

### 2.8.2 Closed Bus

Konfigurasi *closed bus* yaitu konfigurasi dimana suatu kumpulan beban listrik di supply oleh lebih dari satu generator yang terhubung pada satu bus utama. Sistem konfigurasi *closed bus* merupakan sistem yang ideal dimana beban listrik dapat dibagi pada generator dengan jumlah yang sedikit sesuai dengan kebutuhan, yang berarti sistem dapat dioperasikan pada jumlah generator yang minimal dengan persen kondisi maksimum yang berdampak terhadap peningkatan efisiensi, pengurangan bahan bakar, mengurangi waktu perawatan, dan mereduksi emisi. Perubahan aturan dari MARPOL telah memaksa operator untuk mengoperasikan mesin pada load yang lebih besar untuk mengurangi emisi. Karena itu, bus tertutup adalah konfigurasi yang ideal karena beban bisa didistribusikan pada jumlah generator yang lebih sedikit. Namun, konfigurasi *closed bus* memiliki kekurangan jika terjadi kegagalan pada main bus dan sistem tersebut tidak memiliki sistem redundansi maka kegagalan mempengaruhi seluruh beban pada bus tersebut (Roa, 2016).

MARPOL Annex VI mewajibkan operator DP untuk mengurangi emisi (SOX, NOX, dan CO<sub>2</sub>), Pada kapal yang beroperasi di *Emission Control Area* (ECAs). mengacu kepada ekonomi dunia menimbulkan peningkatan persaingan diantara DP operator, dimana pertimbangan biaya operasi mengakibatkan operator untuk berusaha mengoperasikan generator pada rating tertinggi untuk mencapai efisiensi maksimum sehingga dapat menghemat konsumsi bahan bakar dan mengurangi waktu kerja dari generator, yang dapat mengurangi biaya perawatan. Oleh karena itu cara mengatasinya, beberapa DP operator mengoperasikan sistem kelistrikan mereka pada sistem bus tertutup. Dengan sistem ini dapat dilakukan pengurangan jumlah generator dan dengan bersamaan efisiensi masing masing generator dapat meningkat. Berikut adalah beberapa keuntungannya :

1. Proses pembakaran lebih baik pada pembebanan maksimum, emisi (SOX dan NOX) secara signifikan dapat dikurangi. Sehingga kapal mudah untuk memenuhi persyaratan aturan polusi tanpa harus menambah ataupun mengeluarkan biaya untuk peralatan penurun emisi akibat penggunaan generator pada pembebanan rendah.
2. Total kebutuhan daya dapat dibagi sama rata pada setiap generator pada susunan bus tertutup, sehingga generator dapat dioperasikan pada efisiensi maksimum dan mengurangi konsumsi bahan bakar.
3. penumpukan karbon pada bagian internal dari mesin yang muncul karena operasi terus-menerus pada pembebanan rendah, akan berkurang dengan Peningkatan pembebanan maksimum sehingga mengurangi perawatan secara berkala.
4. Pada pembebanan yang sama jumlah generator yang digunakan dapat dikurangi, dengan demikian dapat mengurangi *running hour* dari generator secara drastic dan mengurangi biaya perawatan.



## 2.9 Kestabilan Tegangan

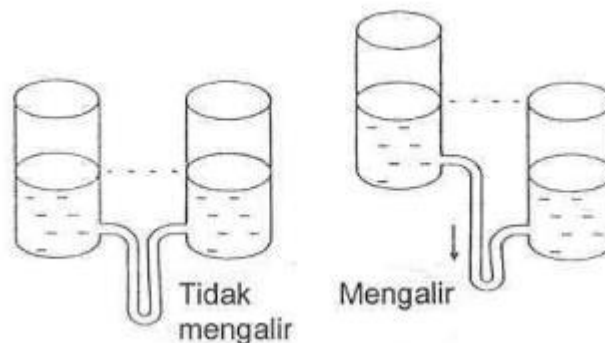
Kestabilan tegangan adalah kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kestabilan level tegangan pada batas yang diizinkan di semua bus apabila terjadi gangguan. Sebuah sistem dapat dikatakan stabil apabila mampu menjaga naik turun level tegangan pada batas yang sesuai standar dalam jangka waktu yang diizinkan saat terjadi keadaan tidak seimbang. Sebaliknya sistem tidak stabil apabila tidak dapat mengembalikan keadaan semula apabila terjadi gangguan. Salah satu penyebab ketidakstabilan adalah ketidaksinkronan antara kebutuhan beban dan pembangkitan. Biasanya gangguan yang terjadi adalah lepasnya beban yang signifikan pada saat thruster dengan tiba tiba melepas bebannya karena cuaca yang ekstrim atau lepasnya generator sehingga tegangan menjadi berosilasi tidak stabil.

Kestabilan berdasarkan gangguan yang terjadi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu kestabilan tegangan akibat gangguan besar dan kestabilan tegangan akibat gangguan kecil. Gangguan besar yang terjadi adalah hilangnya supply dari generator (*generator outage*), perubahan beban yang besar dan *short circuit*. Sedangkan gangguan kecil yaitu perubahan beban dengan kapasitas yang kecil.

Kestabilan berdasarkan lama gangguan dapat dibedakan menjadi gangguan jangka pendek dan jangka panjang. Gangguan kestabilan jangka pendek mengakibatkan *voltage dip* dan *voltage swell*. Sedangkan gangguan kestabilan jangka panjang dapat mengakibatkan *undervoltage* dan *over voltage*.

## 2.10 Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. Tegangan listrik dapat dianalogikan pada suatu sistem aliran air. Terdapat 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar dibawah, Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan tidak terjadi aliran air di dalam pipa tersebut. Kemudian, jika salah satu tabung diangkat lebih tinggi dari tabung yang lain secara otomatis air akan mengalir dari tabung yang lebih tinggi posisinya ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 2. 8 Aliran air dalam bejana

Sumber : Elektronika Dasar, Arus dan Tegangan Listrik

Terjadinya aliran tersebut merupakan bukti dari konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Kemudian perbedaan tinggi tabung tersebut yang menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dengan satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir (ranu, 2007).

## 2.11 Tegangan Jatuh

Jatuh tegangan ialah dimana suatu kondisi jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya (beban listrik). Jatuh tegangan tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat diminimalkan (direduksi) agar sesuai dengan standar jatuh tegangan yang ada. *Loss situation* di dalam jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan dimana suatu sistem distribusi di dalam pendistribusian tenaga listriknya jatuh tegangan yang besar. Jarak dari sumber listrik (generator) atau junction ke beban atau peralatan listrik terlalu jauh, penampang kabel terlalu kecil, dan titik sambung merupakan penyebab susut teknis (Hermanto et al., 2013)

Akibat jatuh tegangan yang melebihi toleransi mengakibatkan banyak peralatan elektronik yang tidak bisa bekerja secara maksimal bahkan beberapa mengalami kerusakan. Peningkatan beban yang bersifat induktif dapat mengakibatkan pada penurunan faktor daya, peningkatan rugi-rugi jaringan, penurunan tegangan khususnya pada ujung saluran, dan regulasi tegangan yang memburuk. Dampak dari tegangan jatuh pada motor listrik adalah panas yang berlebih atau *overheat* karena apabila tegangan turun maka arus akan naik sehingga menimbulkan panas yang berlebih serta dapat mengurangi efisiensi dan umur dari motor listrik itu sendiri (Asy'ari, 2011).

Drop tegangan (tegangan jatuh) termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Drop tegangan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Ini disebabkan karena, adanya faktor impedansi ( $Z$ ) sepanjang saluran atau penghantar yang dilalui arus listrik. Drop tegangan adalah terjadinya selisih nilai tegangan antara nilai tegangan pada awal jaringan (sumber tenaga) dengan nilai tegangan pada ujung jaringan (beban atau konsumen). Besar drop tegangan yang terjadi bisa disimbolkan dengan  $\Delta V$ . Drop tegangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik. Ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi pada masing-masing titik (Erhaneli, 2013).

### 2.11.1 Penyebab Tegangan Jatuh

Terjadinya tegangan jatuh dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jauhnya daerah distribusi tenaga listrik dari sumber listrik ke beban listrik, ketidakseimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar (kabel). Tidak hanya itu terdapat factor lain yang biasanya menyebabkan tegangan jatuh terjadi pada sistem kelistrikan kapal, seperti turunnya tegangan dari sumber listrik (generator) diakibatkan kurangnya eksitasi pada generator dan akibat dari arus start dari beban induksi seperti motor listrik. Salah satu faktor penyebab tegangan jatuh adalah arus starting motor, Istilah arus *starting*, dapat diartikan sebagai arus datang tiba – tiba atau arus kejut, dengan *magnitude* yang besar tetapi bukan merupakan arus gangguan. Meskipun arus *starting* bukan merupakan arus gangguan, tetapi keberadaannya juga dapat menginterupsi operasi dari motor listrik, yang dapat menimbulkan tegangan jatuh pada saat *starting*.

Ada beberapa metode *starting motor* yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi arus *starting* yang besar, beberapa diantaranya adalah :

1. Direct Online (DOL)
2. Wye – Delta
3. Autotransformator
4. Soft Starter

Kondisi arus *starting motor* dan tegangan jatuh yang diterima oleh motor juga berpengaruh terhadap efisiensi motor yang dibuktikan dengan persamaan :

Dimana,

$$Eff(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.4)$$

$P_{in}$

$Eff(\%)$  : Efisiensi dalam persen (%)

$P_{out}$  : Daya yang keluar (watt)

$P_{in}$  : Daya yang diterima (watt).

Walaupun arus *start* yang besar tersebut hanya berlangsung dalam waktu yang cukup singkat, namun hal tersebut juga menyebabkan tegangan jatuh (*voltage drop*) sesaat yang disebut *voltage dip*. IEEE Std 1159-1995 mendefinisikan bahwa

*voltage dip* merupakan penurunan tegangan antara 10 – 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 siklus sampai 60 detik. Efek yang merugikan akibat *voltage dip* ini meliputi :

- Torsi yang bersifat *transient* yang dapat menyebabkan *stress* (tekanan) yang berlebih pada sistem mekanisnya.
- Menghambat akselerasi (percepatan) putaran motor menuju kecepatan normal.
- Kegagalan kerja dari peralatan – peralatan lainnya seperti *relay*, *contactor* dan menyebabkan *flicker* cahaya yang cukup mengganggu.

Untuk menjaga agar motor tetap beroperasi dan mencegah kegagalan kerja motor untuk mencapai kecepatan nominalnya, maka sebaiknya *voltage dip* tidak sampai di bawah 70% dari tegangan nominal. Dengan ini menganggap bahwa *flicker* cahaya bukanlah suatu hal yang mengganggu. Namun, jika faktor kualitas operasional dan pelayanan adalah hal yang utama, maka batasan *voltage dip* yang diijinkan adalah 10% (wahyudy et al., 2016).

### 2.11.2 Standard tegangan jatuh

Standard yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui apakah drop tegangan dapat diterima / tidak dalam penelitian ini adalah IEC (*International Electrotechnical Commission* ). Standard IEC telah mengatur banyak hal yang berhubungan dengan instalasi listrik seperti persyaratan yang harus di desain / diterapkan pada instalasi berkaitan dengan efisiensi listrik. IEC tidak hanya mengatur tentang persyaratan instalasi listrik tetapi juga memberikan sebuah / saran pada proses perbaikan instalasi listrik agar mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Salah satu bagian yang diatur oleh IEC adalah kualitas tegangan pada sebuah instalasi listrik. BKI juga mengeluarkan standar tegangan untuk instalasi listrik pada kapal dimana tegangan jatuh di nilai diantara busbar. Tingkat tegangan memiliki pengaruh yang cukup besar pada operasional peralatan dan juga berdampak pada efisiensi energi listrik dari instalasi tersebut, oleh sebab itu mengapa kualitas tegangan diatur dalam standard IEC. Berikut merupakan standard drop voltage / tegangan jatuh yang telah ditetapkan / diatur oleh IEC (*International Electrotechnical Commission* ) dan BKI :

Tabel 2. 1 Standard drop voltage IEC

Type of installation	Lighting %	Other uses %
A – Low voltage installations supplied directly from a public low voltage distribution system	3	5

## 2. Rating on the basis of voltage drop

2.1 Under normal service conditions, the voltage drop between the busbars (main/emergency switch-board) and the consumers shall not exceed 6 %, or 10 % in the case of battery-supplied networks of 50 V or less. Navigation lights are subject to the requirements of Section 4, I.6.

Gambar 2. 9 Standar tegangan jatuh berdasarkan BKI

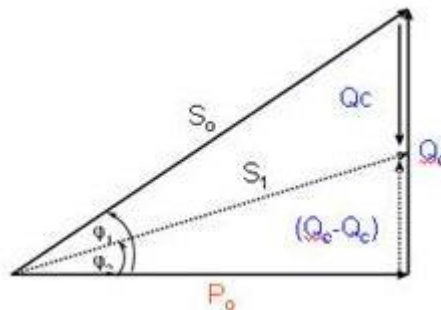
Sumber : BKI *Volume.4 Section.4*

Pada tabel 2.1 menurut IEC 60364-8-1 maksimum tegangan jatuh pada instalasi sistem distribusi listrik di segmen *industry* yang diijinkan adalah sebesar 3% untuk beban penerangan dan 5% untuk beban kelistrikan lainnya, prosentase tersebut disesuaikan dengan berapa besarnya tegangan yang diberikan dari sumber tegangan. Kemudian pada gambar 2.9 di berikan nilai standar tegangan jatuh oleh BKI untuk seluruh peralatan elektronik tidak melebihi 6% dan 10% jika di suplai oleh batrai untuk beban 50 Volt kebawah. Pada penelitian ini di gunakan standar terkecilnya yaitu IEC 5%

### 2.11.3 Perbaikan Tegangan Jatuh

Masalah kualitas tegangan adalah persoalan perubahan tegangan atau arus yang bisa menyebabkan kegagalan atau tidak berfungsinya suatu peralatan dikarenakan bisa menurunkan efisiensi / keandalan dari peralatan tersebut dan hal ini tidak hanya berlaku didarat namun juga di marine ( kapal ). Karena begitu pentingnya kualitas tegangan dapat dikatakan sebagai salah satu parameter yang perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan energi listrik. Metode dalam upaya perbaikan tegangan jatuh pada dasarnya banyak, namun yang umum digunakan pada sistem distribusi menengah adalah dengan menggunakan metode penambahan kapasitor.

Penambahan kapasitor umumnya digunakan untuk perbaikan factor daya. Kapasitor dapat menghasilkan daya reaktif pada jaringan listrik. Jika terdapat rangkaian listrik yang bersifat induktif, saat rangkaian di sambungkan dengan kapasitor maka beban akan mendapatkan suplai daya reaktif dengan begitu mengurangi daya reaktif yang harus di berikan oleh sumber sebesar  $Q_{koreksi}$  (daya reaktif yang berasal dari kapasitor). Sehingga tegangan jatuh dapat di kurangi.



Gambar 2. 10 Perbaikan factor daya

Sumber : <https://www.pembangkitlistrik.com>

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa penambahan kapasitor tidak berpengaruh terhadap jumlah daya aktif. Namun terlihat sudut  $\phi$  semakin kecil sehingga nilai factor daya semakin meningkat. Sebelum dilakukan pemasangan perbaikan dengan kapasitor, terlebih dulu dilakukan perhitungan berapa besar jumlah daya reaktif (capasitor) yang di butuhkan pada suatu rangkaian terlebih dahulu.

Perhitungan berapa jumlah daya reaktif yang diperlukan dapat di lakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tan \phi = \frac{Q}{P} \quad (2.5)$$

$$\tan (\arccos \phi) = \frac{Q}{P} \quad (2.6)$$

$$Q = \tan (\arccos \phi) \times P \quad (2.7)$$

Sehingga :

$$Q_{\text{Compensation}} = Q_{\text{old}} - Q_{\text{new}} \quad (2.8)$$

$$= [P \times \tan(\arccos \phi_{\text{old}})] - [P \times \tan(\arccos \phi_{\text{new}})] \quad (2.9)$$

$$= P \times [\tan (\arccos \phi_{\text{lama}}) - \tan(\arccos \phi_{\text{new}})] \quad (2.10)$$

## 2.12 Software simulasi E.T.A.P 12.6.0

Power Station ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

ETAP PowerStation juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP PowerStation adalah :

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisis.
- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisis.

### 2.12.1 Load Flow Analysis pada software simulasi

Percobaan load flow atau aliran daya ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang berupa pengaruh dari variasi beban dan rugi-rugi transmisi pada aliran daya dan juga mempelajari adanya tegangan jatuh di sisi beban. Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik secara garis besar adalah suatu peristiwa daya yang mengalir berupa daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu sistem pembangkit (sisi pengirim) melalui suatu saluran atau jaringan transmisi hingga sampai ke sisi beban (sisi penerima) (Multa and Prima A, 2013).

Pada kondisi ideal, maka daya yang diberikan oleh sisi pengirim akan sama dengan daya yang diterima beban. Namun pada kondisi real, daya yang dikirim sisi pengirim tidak akan sama dengan yang diterima beban. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal:

1. Impedansi di saluran transmisi. Impedansi di saluran transmisi dapat terjadi karena berbagai hal dan sudah mencakup resultan antara hambatan resistif, induktif dan kapasitif. Hal ini yang menyebabkan rugi-rugi daya karena terkonversi atau terbuang menjadi energi lain dalam transfer energi.
2. Tipe beban yang tersambung jalur. Ada 3 tipe beban, yaitu resistif, induktif, dan kapasitif. Resultan antara besaran hambatan kapasitif dan induktif akan mempengaruhi P.F. sehingga mempengaruhi perbandingan antara besarnya daya yang ditransfer dengan yang diterima.

Sedangkan untuk melakukan kalkulasi aliran daya, terdapat 3 metode yang biasa digunakan:

1. Accelerated Gauss-Seidel Method

- Hanya butuh sedikit nilai masukan, tetapi lambat dalam kecepatan perhitungan.

$$[P + Jq] = [V^T / Y_{BUS}^{\phi} / V^{\phi}] \quad (2.11)$$

2. Newton Raphson Method

- Cepat dalam perhitungan tetapi membutuhkan banyak nilai masukan dan parameter.
- First Order Derivative digunakan untuk mempercepat perhitungan.

$$\begin{bmatrix} \Delta P & | & J1 & J2 \\ \Delta Q & | & J3 & J4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \Omega \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

3. Fast Decoupled Method

- Dua set persamaan iterasi, antara sudut tegangan, daya reaktif dengan magnitude tegangan
- Cepat dalam perhitungan namun kurang presisi
- Baik untuk sistem radial dan sistem dengan jalur Panjang

$$[\Delta P] = [J1 \mid \Delta \Omega] \quad (2.13)$$

$$[\Delta Q] = [J4 \mid \Delta V] \quad (2.14)$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



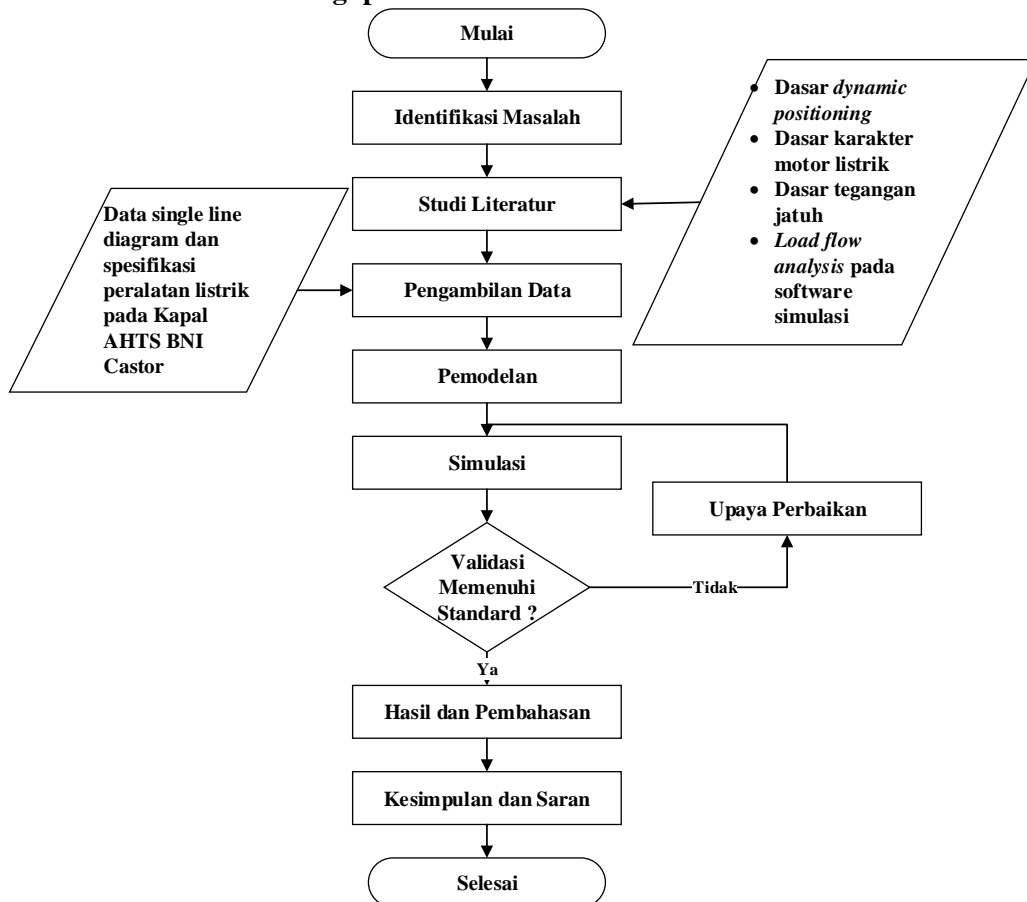
### **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi penelitian merupakan runtutan tahapan secara sistematika proses pengerjaan tugas akhir. Tahap demi tahap mulai dari awal pengerjaan tugas akhir hingga tugas akhir selesai. Metodologi penelitian diperlukan agar pengerjaan tugas akhir dapat berjalan sesuai waktu yang di rencanakan serta mendapatkan hasil yang maksimal. Serta memudahkan penulis dalam pengerjaan tugas akhir karena tahapan di breakdown setiap minggu sehingga pengerjaan akan lebih terarah dan lebih mudah. Dibutuhkan data primer dan data sekunder yang valid, hal ini dikarenakan tugas akhir ini bersifat penelitian dan simulasi.

Tahapan pengerjaan suatu penelitian diperlukan agar penelitian tersebut dapat berjalan sesuai dengan harapan serta runtut sesuai tahap yang disusun. Sehingga di dapatkan hasil yang maksimal. Metodologi yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini secara umum dimulai dari merumuskan masalah, studi literature, pengambilan data, simulasi sistem, validasi hasil, hasil dan pembahasan kemudian ditutup dengan kesimpulan dan saran.

### 3.1 Flow chart metodologi penelitian



Gambar 3. 1 Flow Chart Metodeologi Penelitian

### 3.2 Perumusan masalah

Dalam tahap perumusan masalah ditentukan masalah yang akan dianalisis. Dalam tugas akhir ini rumusan masalah yang diangkat yaitu mengenai bagaimana cara melakukan perhitungan tegangan jatuh pada sistem kelistrikan kapal akibat penggunaan sistem propulsi elektrik, menyesuaikan hasil perhitungan dan hasil simulasi dengan standard yang digunakan serta cara melakukan perbaikan pada tegangan jatuh.

### 3.3 Studi literature

Studi literature merupakan tahapan awal suatu penelitian dimana dengan studi literatur seorang penulis melakukan proses pembelajaran terhadap dasar-dasar masalah dan objek yang akan diteliti. Studi literature dalam tugas akhir ini yaitu mengenai kapal dengan DP system serta tegangan jatuh pada suatu system kelistrikan khususnya system kelistrikan kapal. Namun dalam tugas akhir ini di fokuskan kepada tegangan jatuh yang terjadi pada konfigurasi listrik akibat penggunaan motor elektrik pada *bow thruster*. Serta pengolahan data dari obyek studi literature di arahkan menggunakan *software* simulasi jaringan. Dalam studi literature penulis mendapat sumber dari buku teks, ebook, jurnal, serta makalah tugas akhir dan laporan teknis.

### 3.4 Pengambilan data

Pengambilan data pendukung diperlukan untuk menunjang analisis pada tugas akhir ini. adapun data – data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data Kapal AHTS BNI Castor
2. Data *wiring* power Kapal AHTS BNI Castor
3. Data *single line* diagram sistem kelistrikan Kapal AHTS BNI Castor

### 3.5 Permodelan

Pada tahap ini dilakukan permodelan dengan *single line diagram* pada *software simulasi*. Dilakukan *redrawing* system kelistrikan sesuai kondisi riil pada Kapal AHTS BNI Castor pada saat mode *DP Manouver*. Dengan spesifikasi setiap komponen komponen yang bekerja pada mode *dp manouver* maka akan di dapatkan kondisi yang sama dengan kondisi riil nya.

### 3.6 Simulasi

Tahap selanjutnya adalah melakukan *running* simulasi pada *software simulasi*. Running Simulasi dilakukan pada setiap skenario konfigurasi listrik yang dimodelkan serta variasi beban yang di tentukan untuk menganalisis lebih baik tegangan jatuh pada Kapal BNI Castor tersebut.

### 3.7 Validasi Hasil

Validasi Hasil yaitu tahap mendapatkan data hasil simulasi menggunakan *software simulasi*. Setelah setiap skenario pada setiap variasi beban di *running* akan keluar data hasil *running* simulasi tersebut. Data tersebut kemudian di validasi yang sesuai dengan standar tegangan jatuh (IEEE dan IEC). Beberapa data yang tidak sesuai standard akan di lakukan perbaikan untuk mengurangi tegangan jatuh dan dilakukan simulasi hingga lulus validasi standar tegangan jatuh yang digunakan.

### 3.8 Hasil dan pembahasan

Pada tahapan ini menjelaskan data-data yang telah tervalidasi dan sesuai dengan standar tegangan jatuh (IEEE dan IEC). Serta melakukan pembahasan factor apa saja yang bisa menyebabkan beberapa data tidak memenuhi standar atau tidak tevalidasi juga membahas upaya apa yang dilakukan untuk memperbaiki data yang tidak memenuhi standard.

### 3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil penelitian. Penulis menarik kesimpulan dari analisis dan pembahasan yang telah di hitung serta memperoleh hasil dan memberikan rekomendasi agar permasalahan dapat di atasi sebagai kontribusi pengerjaan tugas akhir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Utama Kapal

Pada penelitian ini analisis tegangan jatuh dilakukan pada Kapal AHTS BNI Castor berikut data utama dan dimensi kapal tersebut :

Tipe Kapal	: <i>Anchor Handling / Offshore Support Vessel</i>
Nama Kapal	: AHTS BNI Castor
Class	: ABS
<i>Tonnage Gross</i>	: 1350
Deadweight	: 1678
LOA	: 59,25 m
B	: 14,95 m
H	: 6,15 m
T	: 4,95 m
<i>Generator set</i>	: <i>diesel engine, Caterpillar C18</i> <i>Alternator, Leroy Somer ARCB 592</i> : Output: 350 kW
<i>Generator thruster</i>	: <i>Shaft Alternator</i> : Output: 800 kW
<i>Bow Thruster</i>	: ABB Shanghai Motors co.,ltd : Output: 515 kW : <i>Propeller speed</i> : 475



Gambar 4. 1 Kapal BNI Castor  
Sumber : <https://www.marinetraffic.com>

## 4.2 Spesifikasi Komponen

Terdapat beberapa komponen beban listrik pada kapal AHTS BNI Castor, kemudian sumber suplai daya yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan listrik di kapal serta kebutuhan listrik dua buah *bow thruster* pada kapal AHTS BNI Castor.

Berikut merupakan spesifikasi teknis dari generator utama, generator *thruster* dan motor elektrik pada *bow thruster* di kapal AHTS BNI Castor serta beban kelistrikan lainnya pada kapal yang di tampilkan pada *wiring diagram* di halaman lampiran

### Generator

Generator merupakan sebuah peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang memiliki fungsi mensuplai seluruh kebutuhan listrik di kapal serta juga memungkinkan sebagai sumber penggerak motor-motor listrik berkapasitas besar yang berguna untuk *bow thruster* maupun sistem propulsi kapal. Pada kapal AHTS BNI Castor terdapat dua jenis Generator.

- *Generator Thruster*, merupakan jenis generator yang mendapatkan suplai energy mekanik dari *main propulsion engine* suatu kapal. *Generator thruster* hanya dapat menghasilkan suplai listrik saat mesin utama kapal menyala karena generator bertipe *shaft generator* cara kerjanya dikopel dengan *shaft* dari *main propulsion engine*. pada Kapal AHTS BNI Castor terdapat dua buah *Generator Thruster* yang memiliki fungsi utama untuk memberikan suplai daya menuju 2 buah *bow thruster*. Namun, dari konfigurasi *single line diagram* Kapal AHTS BNI castor tersebut memungkinkan *Generator thruster* untuk dapat di fungsikan sebagai suplai daya beban listrik lainnya.

Berikut adalah spesifikasi dari generator *thruster* :

Tipe	: Shaft Alternator
Daya	: 800 kw
kVa	: 1000 kVa
Frekuensi	: 50 Hz
Putaran	: 1500 rpm
Tegangan	: 415 Volt
P.F	: 0,8

- Generator utama, pada Kapal AHTS BNI Castor generator utama menggunakan diesel generator konvensional dimana suplai energy mekanik di dapatkan dari mesin diesel konvensional. Terdapat dua buah generator utama yang di sambungkan pada dua bus menuju beban-beban listrik pada kapal. Untuk keadaan tertentu generator utama dapat di paralelkan dengan *shaft generator* atau generator utama lainnya untuk mensuplai daya pada *thruster* maupun beban listrik lain pada kapal AHTS BNI Castor.

Berikut adalah spesifikasi dari Generator utama :

Merek	: LEROY SOMER
Tipe	: ARCB 592
Daya	: 350 kW
Frekuensi	: 50 Hz
P.F	: 0.8
Putaran	: 1500 rpm
Tegangan	: 415 Volt
KVA	: 438 kVA

### **Motor elektrik *bow thruster*,**

motor elektrik berfungsi untuk merubah energy listrik menjadi energy mekanis. Terdapat dua buah motor elektrik terbesar yaitu penggerak *bow thruster* pada kapal AHTS BNI Castor yang mendapatkan suplai daya utama dari dua buah *shaft generator*. Berikut merupakan spesifikasi motor listrik untuk penggerak *bow thruster* :

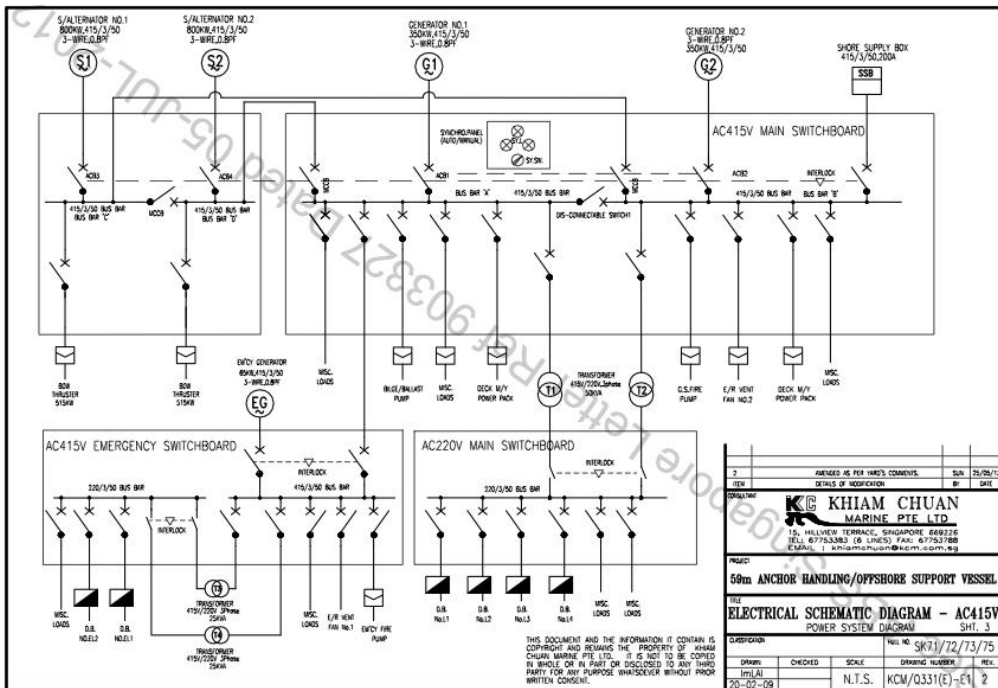
Merek	: ABB Shanghai Motors co.,ltd
Tipe	: KT-72B3
Jenis	: Three phase Induction motor
Propeller speed	: 475 rpm
Input Shaft Speed	: 1450 rpm
Rated Power	: 515 kw
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan	: 415 Volt
Fase	: 3 Phase

### **Spesifikasi beban listrik lainnya**

Terdapat beberapa beban listrik yang terbagi dalam dua bus utama yang terdiri dari beban listrik 3 fase maupun beban listrik satu fase. data beban listrik lain pada kapal AHTS BNI Castor ditampilkan dalam dokumen wiring pada lampiran.

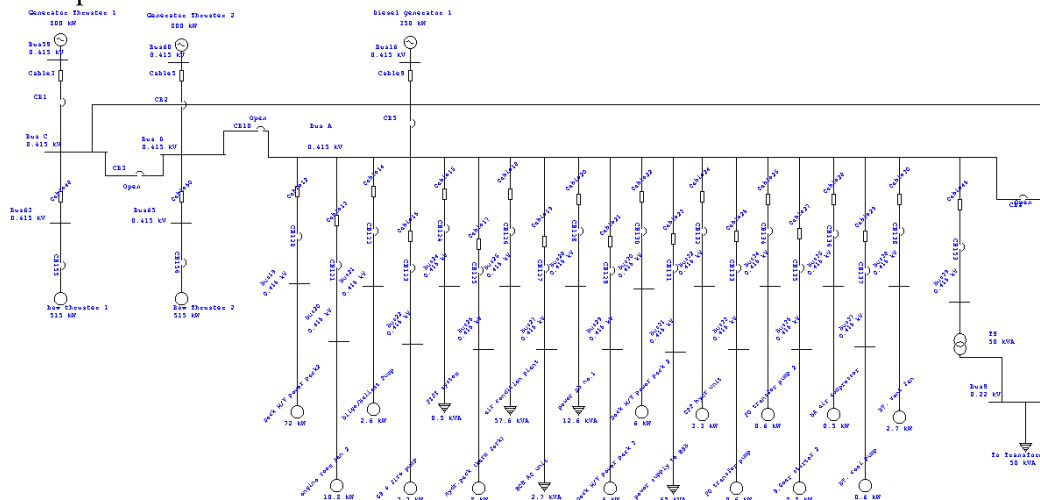
### **4.3 *Single Line Diagram* pada aplikasi simulasi**

Pada penelitian ini nilai drop tegangan didapat dengan cara mensimulasikan aliran daya yang terjadi di sistem distribusi listrik mulai dari sumber suplai daya hingga ke seluruh beban listrik pada kapal AHTS BNI Castor menggunakan sebuah software simulasi (Electrical Transient Analysis Program). Proses simulasi tersebut dibagi menjadi beberapa scenario konfigurasi suplai daya listrik menuju 4 bus utama. Pada *software simulasi*, penulis melakukan *re-drawing single line diagram* dari kapal AHTS BNI Castor.



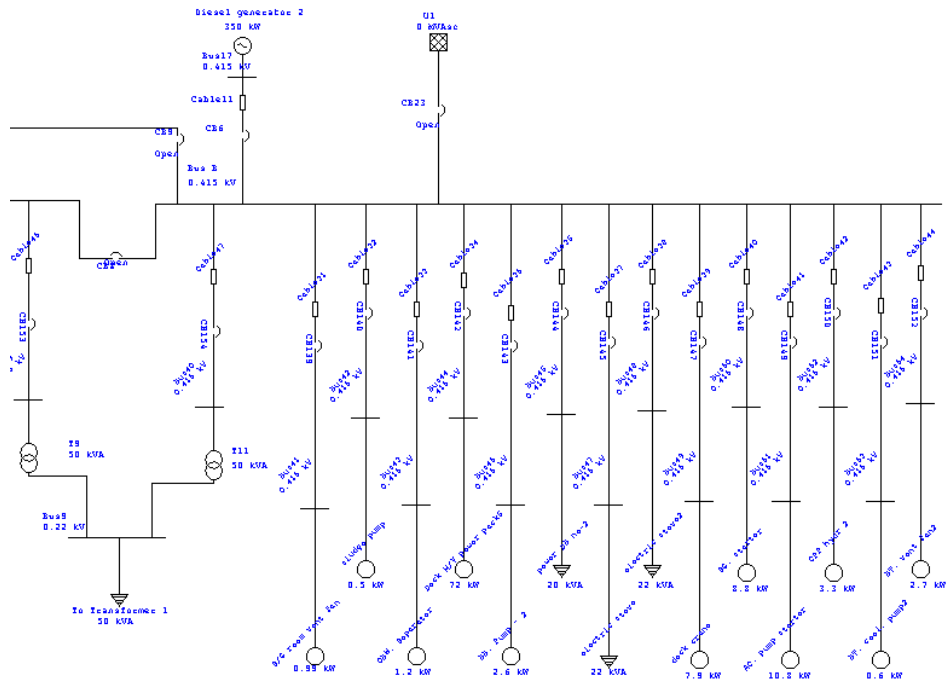
Gambar 4. 2 *Electrical schematic digram* Kapal AHTS BNI Castor  
Sumber : PT. Bahtera Niaga Internasional

Dari gambar diatas dapat dilihat terdapat 5 suplai daya menuju 4 bus utama, 5 suplai daya tersebut antara lain dua buah *generator thruster*, dua buah *diesel generator*, dan satu buah saluran daya dari *shore connection*. Dibawah ini merupakan hasil *re-drawing single line diagram* Kapal AHTS BNI Castor dengan beban ketika *maneuvering mode* pada software simulasi :



Gambar 4. 3 *Re-drawing Single line diagram* pada software simulasi(1)





Gambar 4. 4 Re-drawing Single line diagram pada software simulasi(2)

#### 4.4 Perencanaan skenario konfigurasi suplai daya menuju beban listrik Kapal AHTS BNI Castor

Skenario konfigurasi suplai daya menuju beban listrik pada Kapal AHTS BNI Castor dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh terendah pada setiap konfigurasi suplai daya yang mungkin pada *mode manovering*. berikut merupakan beberapa skenario konfigurasi yang akan dianalisis oleh penulis :

##### 4.4.1 Skenario 1, Konfigurasi *Split Plant* (2 buah generator thruster)

Pada skenario 1, analisis dilakukan pada konfigurasi *generator thruster 1* menyuplai *bow thruster 1* dan *Generator thruster 2* menyuplai *bow thruster 2* secara terpisah melalui masing-masing bus atau independen untuk masing-masing bebannya.

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pengoperasian beban listrik dalam hal ini motor listrik *bow thruster* pada beberapa variasi beban. Berikut merupakan variasi pembebanan pada skenario 1 :

Tabel 4. 1 Variasi Beban pada skenario 1

Variasi Beban Skenario 1		
No	<i>Bow thruster 1</i>	<i>Bow thruster 2</i>
1	Beban 80%	Beban 80%
2	Beban 100%	Beban 100%
3	Beban 100%	Beban 110%

#### 4.4.2 Skenario 2, konfigurasi *closed bus* ( 2 buah *generator thruster*)

Pada skenario2, Analisis tegangan jatuh dilakukan pada konfigurasi *closed bus* dimana dua buah *generator thruster* digunakan untuk suplai daya dua buah *bow thrusters*. Pada kondisi ini *closed bus* terjadi pada bus bar ‘C’ dan ‘D’, sehingga daya dari dua sumber listrik di salurkan menuju satu bus utama kemudian di salurkan ke *bow thruster 1 dan 2*.

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pengoperasian beban listrik dalam hal ini motor listrik *bow thruster* pada beberapa variasi beban. Berikut merupakan variasi pembebanan pada skenario 2:

Tabel 4. 2 Variasi Beban pada skenario 2

Variasi Beban Skenario 2		
No	<i>Bow thruster 1</i>	<i>Bow thruster 2</i>
1	Beban 60%	Beban 60%
2	Beban 100%	Beban 100%
3	Beban 60%	Beban 100%
4	Beban 110%	Beban 70%

#### 4.4.3 Skenario 3, konfigurasi *closed bus* ( 1 buah *generator thruster*)

Pada skenario 3, analisis tegangan jatuh dilakukan pada konfigurasi *closed bus* yang terjadi pada bus bar ‘C’, dan ‘D’. konfigurasi disimulasikan untuk menganalisis tegangan jatuh yang terjadi jika salah satu generator thruster mengalami kegagalan ketika operasional dua buah *bow thruster* atau diposisikan *stand by*, serta mencari variasi beban maksimal jika operasional dilakukan dengan konfigurasi seperti ini agar efisiensi dari *generator thruster* meningkat.

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pengoperasian beban listrik dalam hal ini motor listrik *bow thruster* pada beberapa variasi beban. Berikut merupakan variasi pembebanan pada skenario 3:

Tabel 4. 3 Variasi Beban pada skenario 3

Variasi Beban Skenario 3		
No	<i>Bow thruster 1</i>	<i>Bow thruster 2</i>
1	Beban 60%	Beban 60%
2	Beban 75%	Beban 75%

#### 4.4.4 Skenario 4, konfigurasi *closed bus* ( 2 buah *generator thruster* + 2 buah *diesel geneartor*)

Pada skenario 4, analisis tegangan jatuh dilakukan pada konfigurasi suplai daya dimana dua buah *generator thruster* diparalelkan dengan dua buah Diesel Generator untuk suplai daya seluruh beban listrik pada mode *maneuvering* di kapal termasuk dua buah *bow thrusters*. Pada kondisi ini *closed bus* terjadi pada bus bar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pengoperasian beban listrik dalam hal ini motor listrik *bow thruster* pada beberapa variasi beban serta beban peralatan listrik yang beroperasi pada *manouvering mode*. Berikut merupakan variasi pembebanan pada skenario 4:

Tabel 4. 4 Variasi Beban pada skenario 3

<b>Variasi Beban Skenario 4</b>		
<b>No</b>	<b><i>Bow thruster 1</i></b>	<b><i>Bow thruster 2</i></b>
1	Beban 60%	Beban 60%
2	Beban 100%	Beban 100%
3	Beban 60%	Beban 100%
4	Beban 110%	Beban 70%

#### 4.4.5 Skenario 5, konfigurasi *closed bus* ( 2 buah *generator thruster* + 1 buah *diesel geneartor*)

Pada skenario 5, Analisis tegangan jatuh dilakukan pada konfigurasi suplai daya dimana dua buah *generator thruster* diparalelkan dengan satu buah DG untuk suplai daya seluruh beban listrik di kapal pada mode *mouvering* termasuk dua buah *bow thrusters*. Pada kondisi ini *closed bus* terjadi pada bus bar 'A', 'B', 'C', dan 'D'. Konfigurasi ini di simulasikan untuk menganalisis tegangan jatuh yang terjadi jika salah satu diesel generator mengalami kegagalan pada mode operasi *maneuvering* atau dikondisikan *stand by*. jika diterapkan konfigurasi *closed* untuk bus 'A', 'B', 'C', dan 'D'. serta mencari variasi beban maksimal jika operasional dilakukan dengan konfigurasi seperti ini agar efisiensi dari *generator thruster* dan *diesel generator* meningkat.

Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pengoperasian beban listrik dalam hal ini motor listrik *bow thruster* pada beberapa variasi beban serta beban peralatan listrik yang beroperasi pada *manouvering mode*. Berikut merupakan variasi pembebanan pada skenario 5:

Tabel 4. 5 Variasi Beban pada skenario 5

<b>Variasi Beban Skenario 5</b>		
<b>No</b>	<b><i>Bow thruster 1</i></b>	<b><i>Bow thruster 2</i></b>
1	Beban 60%	Beban 60%
2	Beban 100%	Beban 100%
2	Beban 60%	Beban 100%
2	Beban 110%	Beban 70%

#### 4.4.6 Skenario 6, konfigurasi *closed bus* ( 2 buah *generator thruster* + 2 buah *diesel geneartor*)

Pada skenario 4, analisis tegangan jatuh dilakukan pada konfigurasi suplai daya dimana satu buah *generator thruster* diparalelkan dengan dua buah *diesel geneartor* untuk suplai daya beban-beban listrik esensial di kapal pada mode *mouvering* termasuk dua buah *bow thrusters*. Pada kondisi ini *closed bus* terjadi pada bus bar 'A', 'B', 'C', dan 'D'. Konfigurasi ini di simulasikan untuk menganalisis tegangan jatuh yang terjadi jika salah satu *generator thruster* mengalami kegagalan pada mode operasi *maneuvering* atau

dikondisikan *stand by* ketika diterapkan konfigurasi closed untuk bus ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. serta mencari variasi beban maksimal jika operasional dilakukan dengan konfigurasi seperti ini agar efisiensi dari *generator thruster* dan *diesel generator* meningkat.

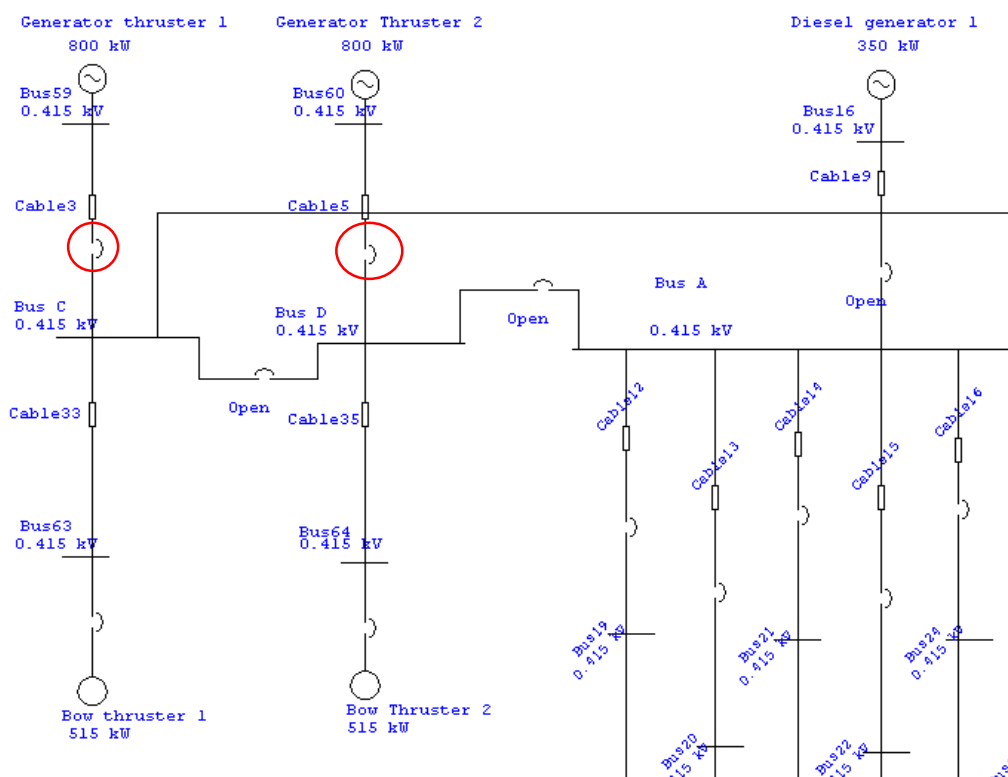
Analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pengoperasian beban listrik dalam hal ini motor listrik *bow thruster* pada beberapa variasi beban serta beban peralatan listrik yang beroperasi pada *manouvering mode*. Berikut merupakan variasi pembebanan pada skenario 6:

Tabel 4. 6 Variasi Beban pada skenario 6

Variasi Beban Skenario 6		
No	<i>Bow thruster 1</i>	<i>Bow thruster 2</i>
1	Beban 80%	Beban 80%
2	Beban 100%	Beban 100%

#### 4.5 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 1 konfigurasi *Split Plant*

Setelah dilakukan simulasi pada software diperoleh hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 1 konfigurasi *split plant* dengan 3 variasi beban *bow thruster*. Berikut adalah hasil dan single line diagram pada konfigurasi skenario 1, *open split plant* :



Gambar 4. 5 Konfigurasi skenario 1 *split plant* (2 generatator thruster) untuk dua buah *bow thruster*

### Variasi beban 1, *bow thruster 1* dan *2* pada load 80%

Tabel 4. 7 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	441	185	695.4
2	Bow thruster 2	515 kW	415	441	185	693.3

Tabel 4. 8 Nilai tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	397.155	17.845	4.3	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	398.4	16.6	4	Drop

Tabel 4. 9 Peringatan kondisi kritis pada skenario 1 variasi beban 1

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	695.425	225	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	695.409	225	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	693.249	224.3	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	693.266	224.3	3-Phase

Pada konfigurasi split bus ini dua buah *bow thruster* diberikan variasi beban 80% untuk masing-masing *bow thruster*, didapatkan hasil simulasi load flow seperti pada tabel diatas. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 4.3 %, dan *bow thruster 2* sebesar 4%. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa pada kabel 3,33,34 dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

### Variasi beban, *bow thruster 1* dan *2* pada load 100%

Tabel 4. 10 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	879.7
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	876.2

Tabel 4. 11 Nilai tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	392.424	22.576	5.44	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	394.001	20.999	5.06	Drop

Tabel 4. 12 Peringatan kondisi kritis pada skenario 1 variasi beban 2

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.6	3-Phase
Bus64	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.394	94.9	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	879.758	284.6	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	879.738	284.6	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	876.197	283.4	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	876.214	283.5	3-Phase

Pada konfigurasi split bus ini dua buah *bow thruster* diberikan variasi beban 100% untuk masing-masing *bow thruster*, didapatkan hasil simulasi load flow seperti pada tabel diatas. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1 dan 2* mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,44 %, dan *bow thruster 2* sebesar 5,06 %. Kemudian, Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa pada Bus 63 dan 64 mengalami kondisi *under voltage* melewati standar yang di tentukan. Serta ditunjukkan kabel 3,33,34 dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### variasi beban, *bow thruster 1 dan 2* pada load 110%

Tabel 4. 13 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	567 kW	415	607	254	973.6
2	Bow thruster 2	567 kW	415	607	254	969.2

Tabel 4. 14 Nilai tegangan jatuh skenario 1 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	390.017	24.983	6.02	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	391.8015	23.1985	5.59	Drop

Tabel 4. 15 Peringatan kondisi kritis pada skenario 1 variasi beban 3

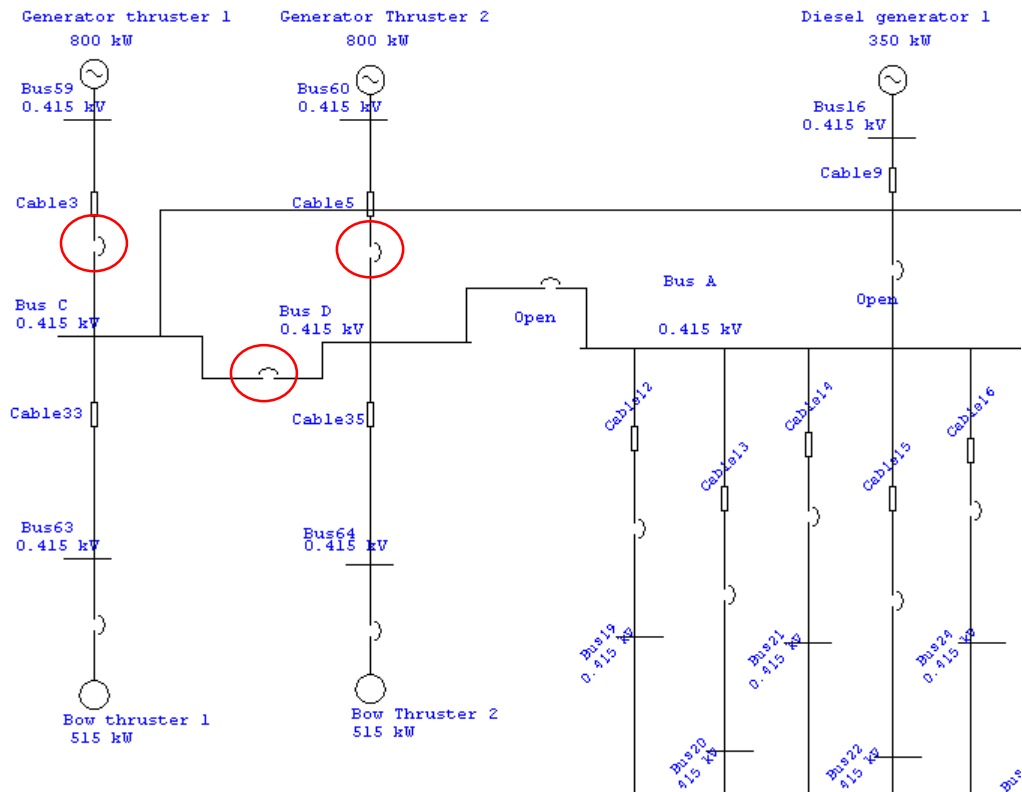
Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.39	94.1	3-Phase
Bus64	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.5	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	960.099	310.6	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	960.078	310.6	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	955.819	309.2	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	955.835	309.2	3-Phase

Pada konfigurasi split bus ini dua buah *bow thruster* diberikan variasi beban 110% untuk masing-masing *bow thruster*, didapatkan hasil simulasi load flow seperti pada tabel diatas. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1 dan 2* mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 6,02 %, dan *bow thruster 2* sebesar 5,59. Kemudian, Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa pada Bus 63 dan 64 mengalami kondisi *under voltage* melewati standar yang di tentukan. Serta ditunjukkan kabel 3,33,34

dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### 4.6 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 2 konfigurasi *closed bus* (dua *Generator thruster* untuk dua buah *bow thruster*)

Setelah dilakukan simulasi pada software diperoleh hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 2 konfigurasi *closed bus* (dua buah *generator thruster* untuk dua buah *bow thruster*) dengan 4 variasi beban *bow thruster*. Berikut adalah hasil dan single line diagram pada skenario 2 :



Gambar 4. 6 konfigurasi skenario 2 *closed bus* (dua *generator thruster* untuk dua buah *bow thruster*)

#### variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 pada load 60%

Tabel 4. 16 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	515.6
2	Bow thruster 2	515 kW	415	331	139	514.4

Tabel 4. 17 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	401.7615	13.2385	3.19	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	402.6745	12.3255	2.97	Drop

Tabel 4. 18 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 1

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	515.013	166.6	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	515.568	166.8	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	514.424	166.4	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	515.013	166.6	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘C’ dan ‘D’ kemudian *bow thruster* diberikan variasi beban 60% untuk masing-masing *bow thruster*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukan bahwa *bow thruster 1* dan *2* mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 3,19 %, dan *bow thruster 2* sebesar 2,97 %. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukan bahwa pada kabel 3,33,34 dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### variasi beban 2, *bow thruster 1* dan *2* pada load 100%

Tabel 4. 19 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	879.7
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	876.3

Tabel 4. 20 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	392.4655	22.5345	5.43	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	394.001	20.999	5.06	Drop

Tabel 4. 21 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 2

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.6	3-Phase
Bus64	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.394	94.9	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	877.988	284	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	879.685	284.6	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	876.246	283.5	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	877.988	284	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘C’ dan ‘D’ kemudian *bow thruster* diberikan variasi beban 100% untuk masing-masing *bow thruster*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukan bahwa *bow thruster 1* dan *2* mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,43 %, dan *bow thruster 2*



sebesar 5,06 %, sehingga diperlukan perbaikan pada variasi 100% beban agar sistem dapat berjalan dengan normal sesuai dengan standar. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa pada Bus 63 dan 64 mengalami kondisi *under voltage* melewati standar yang ditentukan. Serta ditunjukkan kabel 3,33,34 dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

**variasi beban 3, bow thruster 1 load 60% dan bow thruster 2 load 100%**

Tabel 4. 22 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	518.8
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	870.6

Tabel 4. 23 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V\%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	399.2715	15.7285	3.79	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	396.574	18.426	4.44	Drop

Tabel 4. 24 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 3

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	694.699	224.7	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	518.782	167.8	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	870.575	281.6	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	694.699	224.7	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar 'C' dan 'D' kemudian *bow thruster* diberikan variasi 60% untuk *bow thruster 1* dan 100% untuk *bow thruster 2*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 3,79 %, dan *bow thruster 2* sebesar 4,44 %. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan kabel 3,33,34 dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

**variasi beban 4, bow thruster 1 load 110% dan bow thruster 2 load 70%**

Tabel 4. 25 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 4

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	960.1
2	Bow thruster 2	515 kW	415	386	162	603.3

Tabel 4. 26 Nilai tegangan jatuh skenario 2 variasi beban 4

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V\%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	390.3905	24.6095	5.93	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	400.558	14.442	3.48	Drop

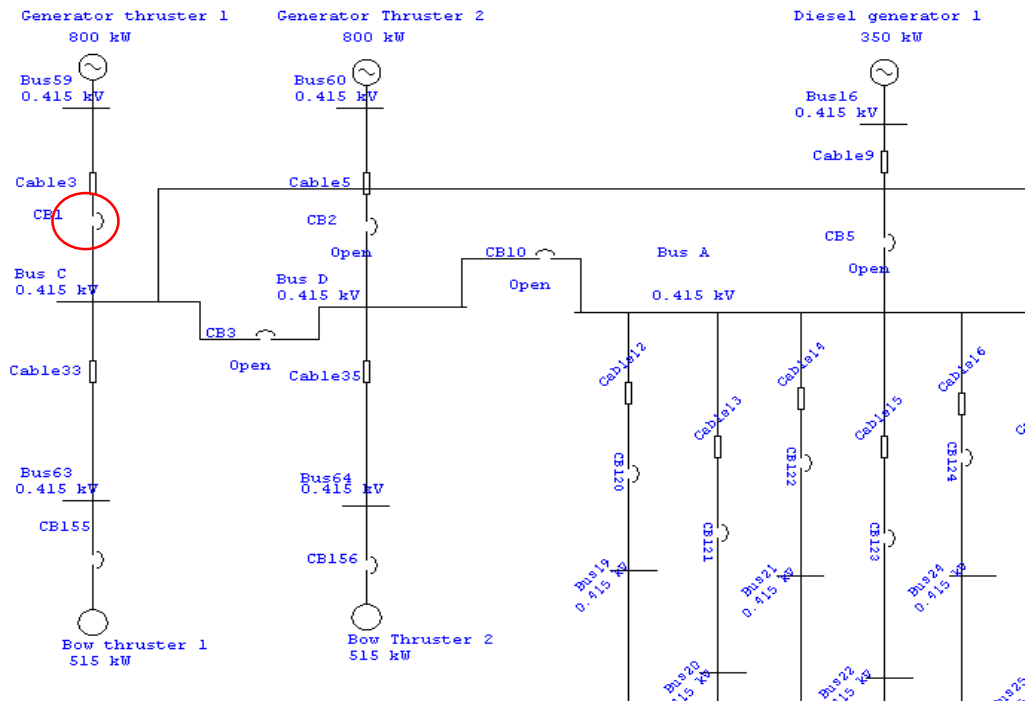
Tabel 4. 27 Peringatan kondisi kritis pada skenario 2 variasi beban 4

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.393	94.7	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	780.406	252.5	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	953.904	308.6	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	607.053	196.4	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	780.406	252.5	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘C’ dan ‘D’, diberikan variasi 110% untuk *bow thruster 1* dan 70% untuk *bow thruster 2*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1 dan 2* mengalami drop tegangan namun hanya *bow thruster 1* yang melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%. *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,93 %, dan *bow thruster 2* sebesar 3,48 %. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa pada Bus 63 mengalami kondisi *under voltage* melewati standar yang di tentukan. Serta ditunjukkan kabel 3,33,35 dan 5 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### 4.7 Hasil analisis tegangan jatuh pada *closed bus* (satu buah generator *thruster* untuk suplai dua buah *bow thruster*)

Setelah dilakukan simulasi pada software diperoleh hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 3 konfigurasi *closed bus* (satu buah generator *thruster* untuk dua buah *bow thruster*) dengan 2 variasi beban *bow thruster*. Berikut adalah hasil dan single line diagram pada skenario 3 :



Gambar 4. 7 konfigurasi skenario 3 *closed bus* (satu generator *thruster* untuk dua buah *bow thruster*)

#### variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 pada load 60%

Tabel 4. 28 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	525.3
2	Bow thruster 2	515 kW	415	331	139	524.1

Tabel 4. 29 Nilai tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	394.333	20.667	4.98	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	395.246	19.754	4.76	Drop

Tabel 4. 30 Peringatan kondisi kritis pada skenario 3 variasi beban 1

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	1049.393	339.5	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	525.264	169.9	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	524.051	169.5	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed bus* terjadi pada busbar ‘C’ dan ‘D’ kemudian *bow thruster* diberikan variasi beban 60% untuk masing-masing *bow thruster*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 4,98 %, dan *bow thruster 2* sebesar 4,76%. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa pada kabel 3,33, dan 35 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### Variasi beban 2, *bow thruster 1* dan *2* pada load 70%

Tabel 4. 31 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	386	162	618.6
2	Bow thruster 2	515 kW	415	386	162	616.9

Tabel 4. 32 Nilai tegangan jatuh skenario 3 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	390.681	24.319	5.86	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	391.76	23.24	5.6	Drop

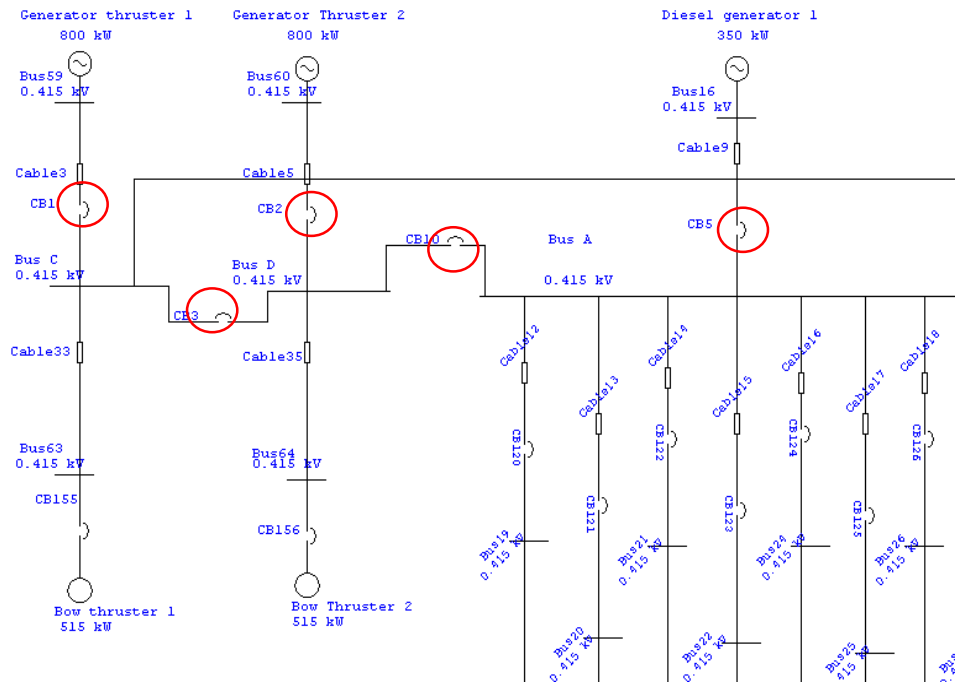
Tabel 4. 33 Peringatan kondisi kritis pada skenario 3 variasi beban 2

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.391	94.1	3-Phase
Bus64	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.4	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	1235.491	399.7	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	618.559	200.1	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	616.858	199.6	3-Phase
Generator thruster 1	Generator	Overload	0.8 MW	0.819	102.4	3-Phase

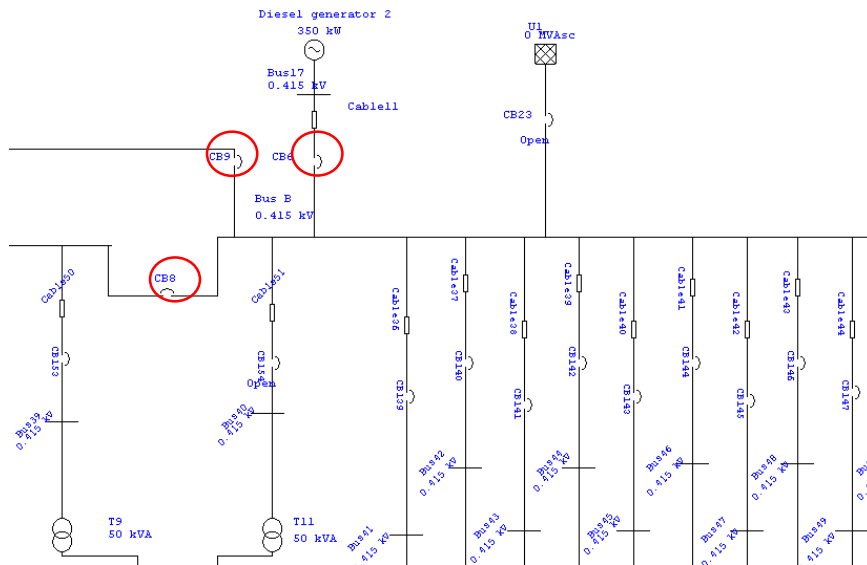
Pada konfigurasi ini *closed bus* terjadi pada busbar ‘C’ dan ‘D’ kemudian *bow thruster* diberikan variasi beban 70% untuk masing-masing *bow thruster*. Pada tabel diatas didapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,86%, dan *bow thruster 2* sebesar 5,6%. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bus 63 dan 64 mengalami *under voltage*, *generator thruster 1* mengalami *overload* dan pada kabel 3,33, dan 35 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### 4.8 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 4 konfigurasi *closed bus* (dua *generator thruster* parallel dengan dua buah DG untuk seluruh beban listrik)

Setelah dilakukan simulasi pada software diperoleh hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 4 pada konfigurasi *closed bus* (dua *generator thruster* parallel dengan dua buah DG untuk seluruh beban listrik) dengan 4 variasi beban *bow thruster*. Berikut adalah hasil dan single line diagram pada skenario 4:



Gambar 4. 8 konfigurasi skenario 4 *closed bus* (dua *generator thruster* + dua *diesel generator* untuk dua buah *bow thruster* + beban peralatan listrik) (1)



Gambar 4. 9 konfigurasi skenario 4 closed bus (dua generator thruster + dua diesel generator untuk dua buah bow thruster + beban peralatan listrik) (2)

#### variasi beban 1, bow thruster 1 dan 2 pada load 60% + beban listrik kapal

Tabel 4. 34 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	513.1
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	331	139	512
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.2
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.955	0	78.98
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.166
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.357
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.357
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.379
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.38
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.569
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.563
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.739
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.705
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.07
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	118.7
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	118.6
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.69
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.64

19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.618	0	3.699
20	electric stove	22 kVA	415	21.198	0	30.04
21	electric stove2	22 kVA	415	21.198	0	30.04
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.17
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.487	0	0.686
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.379
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.379
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.549
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.23
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.638
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.149	0	17.21
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.393	0	27.4
31	power supply to ESB	65 kVA	415	62.848	0	88.92
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.194
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.166
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.91
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.03
36	To Transformer 1	50 kVA	220	32.337	0	262.2

Tabel 4. 35 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	403.6705	11.3295	2.73	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	404.5835	10.4165	2.51	Drop
3	AC. pump starter	87.43	407.779	7.221	1.74	Drop
4	ACond. plant	100	409.024	5.976	1.44	Drop
5	BA air compressor	80.09	409.4805	5.5195	1.33	Drop
6	BB. Pump	84.03	409.3975	5.6025	1.35	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	409.439	5.561	1.34	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	409.439	5.561	1.34	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	409.273	5.727	1.38	Drop
10	BT. vent fan	84.12	407.862	7.138	1.72	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	408.277	6.723	1.62	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	405.9945	9.0055	2.17	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	408.0695	6.9305	1.67	Drop
14	deck crane	86.68	408.5675	6.4325	1.55	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	407.613	7.387	1.78	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	409.5635	5.4365	1.31	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	407.862	7.138	1.72	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	408.111	6.889	1.66	Drop
19	ECR AC unit	100	408.692	6.308	1.52	Drop

20	electric stove	100	407.364	7.636	1.84	Drop
21	electric stove2	100	407.364	7.636	1.84	Drop
22	engine room fan-1	87.43	408.4845	6.5155	1.57	Drop
23	FIFI system	100	409.3975	5.6025	1.35	Drop
24	FO transfer pump	80.53	409.4805	5.5195	1.33	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	409.4805	5.5195	1.33	Drop
26	GS & fire pump	84.12	409.3145	5.6855	1.37	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	409.107	5.893	1.42	Drop
28	OBW. separator	82.18	406.2435	8.7565	2.11	Drop
29	power DB no.1	100	407.53	7.47	1.8	Drop
30	power DB no-2	100	408.6505	6.3495	1.53	Drop
31	power supply to ESB	100	408.0695	6.9305	1.67	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	408.775	6.225	1.5	Drop
33	Sludge pump	80.09	409.273	5.727	1.38	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	399.7695	15.2305	3.67	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	402.6745	12.3255	2.97	Drop
36	To Transformer 1	100	213.576	6.424	2.92	Drop

Tabel 4. 36 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 1

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable11	Cable	Overload	266.88 Amp	492.858	184.7	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	379.479	122.8	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	513.127	166	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	511.999	165.6	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	379.479	122.8	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	492.858	184.7	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed bus* terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’ dengan 4 sumber suplai daya yaitu dua generator thruster dan dua diesel generator. Diberikan variasi beban 60% untuk masing-masing *bow thruster* serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 2,73 %, dan *bow thruster 2* sebesar 2,51 %. Kemudian seluruh beban listrik pada kapal juga mengalami tegangan jatuh namun tidak ada yang melewati standar yang ditentukan oleh IEC. Pada tabel peringatan kondisi kritis pada kabel 3,33,35,5 dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.



**variasi beban 2, bow thruster 1 dan 2 pada load 100% + beban listrik kapal**

Tabel 4. 37 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	872.3
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	869
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.38
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	54.971	0	78.28
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.176
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.405
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.404
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.391
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.392
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.619
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.613
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.8
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.765
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.21
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	119.8
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	119.7
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.8
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.75
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.572	0	3.666
20	electric stove	22 kVA	415	20.826	0	29.78
21	electric stove2	22 kVA	415	20.826	0	29.78
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.35
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.478	0	0.68
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.391
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.391
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.598
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.37
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.662
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.936	0	17.06
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.052	0	27.16
31	power supply to ESB	65 kVA	415	61.744	0	88.13
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.214
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.177
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.06
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.19
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.769	0	259.9

Tabel 4. 38 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	395.79	19.21	4.63	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	397.28	17.72	4.27	Drop
3	AC. pump starter	87.43	404.17	10.83	2.61	Drop
4	ACond. plant	100	405.41	9.59	2.31	Drop
5	BA air compressor	80.09	405.87	9.13	2.2	Drop
6	BB. Pump	84.03	405.79	9.21	2.22	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	405.83	9.17	2.21	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	405.83	9.17	2.21	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	405.66	9.34	2.25	Drop
10	BT. vent fan	84.12	404.21	10.79	2.6	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	404.63	10.38	2.5	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	402.34	12.66	3.05	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	404.42	10.58	2.55	Drop
14	deck crane	86.68	404.92	10.08	2.43	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	404.00	11.00	2.65	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	405.95	9.05	2.18	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	404.25	10.75	2.59	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	404.46	10.54	2.54	Drop
19	ECR AC unit	100	405.08	9.92	2.39	Drop
20	electric stove	100	403.75	11.25	2.71	Drop
21	electric stove2	100	403.75	11.25	2.71	Drop
22	engine room fan-1	87.43	404.83	10.17	2.45	Drop
23	FIFI system	100	405.79	9.21	2.22	Drop
24	FO transfer pump	80.53	405.87	9.13	2.2	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	405.87	9.13	2.2	Drop
26	GS & fire pump	84.12	405.70	9.30	2.24	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	405.50	9.50	2.29	Drop
28	OBW. separator	82.18	402.63	12.37	2.98	Drop
29	power DB no.1	100	403.92	11.08	2.67	Drop
30	power DB no-2	100	405.04	9.96	2.4	Drop
31	power supply to ESB	100	404.46	10.54	2.54	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	405.16	9.84	2.37	Drop
33	Sludge pump	80.09	405.66	9.34	2.25	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	396.03	18.97	4.57	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	398.98	16.02	3.86	Drop
36	To Transformer 1	100	211.71	8.29	3.77	Drop

Tabel 4. 39 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 2

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable11	Cable	Overload	266.88 Amp	624.643	234.1	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	692.53	224	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	872.326	282.2	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	868.976	281.1	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	692.53	224	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	624.645	234.1	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Diesel generator 2	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. dengan 4 sumber suplai daya yaitu dua generator thruster dan dua diesel generator. Diberikan variasi beban 100% untuk masing-masing *bow thruster* serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 4,63 %, dan *bow thruster 2* sebesar 4,27 %. Seluruh beban listrik pada kapal mengalami tegangan jatuh namun tidak melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC., Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 dan 2 mengalami over excited dan pada kabel 11,3,33,35,5, dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

### **variasi beban 3, *bow thruster 1* load 60% dan *bow thruster 2* load 100% + beban listrik kapal**

Tabel 4. 40 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	514.6
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	863.5
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.26
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.634	0	78.75
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.169
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.373
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.372
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.383
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.384
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.585
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.579
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.759
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.725
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.12
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	119.1
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	119

17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.72
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.67
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.603	0	3.688
20	electric stove	22 kVA	415	21.077	0	29.96
21	electric stove2	22 kVA	415	21.077	0	29.96
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.23
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.484	0	0.684
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.383
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.383
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.565
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.27
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.645
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.08	0	17.16
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.282	0	27.32
31	power supply to ESB	65 kVA	415	62.489	0	88.66
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.201
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.169
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.96
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.08
36	To Transformer 1	50 kVA	220	32.152	0	261.5

Tabel 4. 41 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	402.51	12.49	3.01	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	399.81	15.19	3.66	Drop
3	AC. pump starter	87.43	406.62	8.38	2.02	Drop
4	ACond. plant	100	407.86	7.14	1.72	Drop
5	BA air compressor	80.09	408.32	6.68	1.61	Drop
6	BB. Pump	84.03	408.24	6.76	1.63	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	408.28	6.72	1.62	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	408.28	6.72	1.62	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	408.11	6.89	1.66	Drop
10	BT. vent fan	84.12	406.70	8.30	2	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	407.07	7.93	1.91	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	404.79	10.21	2.46	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	406.87	8.13	1.96	Drop
14	deck crane	86.68	407.36	7.64	1.84	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	406.45	8.55	2.06	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	406.91	8.09	1.95	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	406.70	8.30	2	Drop

18	Deck power pack-2	86.02	408.40	6.60	1.59	Drop
19	ECR AC unit	100	407.49	7.51	1.81	Drop
20	electric stove	100	406.20	8.80	2.12	Drop
21	electric stove2	100	406.20	8.80	2.12	Drop
22	engine room fan-1	87.43	407.28	7.72	1.86	Drop
23	FIFI system	100	408.24	6.76	1.63	Drop
24	FO transfer pump	80.53	408.32	6.68	1.61	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	408.32	6.68	1.61	Drop
26	GS & fire pump	84.12	408.15	6.85	1.65	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	407.95	7.06	1.7	Drop
28	OBW. separator	82.18	405.08	9.92	2.39	Drop
29	power DB no.1	100	406.33	8.67	2.09	Drop
30	power DB no-2	100	407.49	7.51	1.81	Drop
31	power supply to ESB	100	406.91	8.09	1.95	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	407.61	7.39	1.78	Drop
33	Sludge pump	80.09	408.11	6.89	1.66	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	398.57	16.43	3.96	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	401.47	13.53	3.26	Drop
36	To Transformer 1	100	212.96	7.04	3.2	Drop

Tabel 4. 42 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 3

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable11	Cable	Overload	266.88 Amp	621.009	232.7	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	530.946	171.8	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	514.655	166.5	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	863.548	279.4	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	530.946	171.8	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	621.014	232.7	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Diesel generator 2	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Generator thruster 1	Generator	Under Excited	0 Mvar	-0.04		3-Phase
Generator Thruster 2	Generator	Under Excited	0 Mvar	-0.04		3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. dengan 4 sumber suplai daya yaitu dua generator thruster dan dua diesel generator. Diberikan variasi beban 60% *bow thruster 1* dan 100% untuk *bow thruster 2* serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 3,01%, dan *bow thruster 2* sebesar 3,66 %. Seluruh beban listrik pada kapal mengalami tegangan jatuh namun tidak melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC,.Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 dan 2 mengalami over excited, generator thruster 1 dan 2 mengalami under excited dan pada kabel 11,3,33,35,5,

dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

**variasi beban 4, bow thruster 1 load 110% dan bow thruster 2 load 70% + beban listrik kapal**

Tabel 4. 43 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 4

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	946
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	386	162	602.2
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.32
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.324	0	78.53
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.172
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.388
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.387
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.387
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.388
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.601
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.595
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.778
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.744
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.16
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	119.4
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	119.3
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.76
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.71
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.589	0	3.678
20	electric stove	22 kVA	415	20.959	0	29.87
21	electric stove2	22 kVA	415	20.959	0	29.87
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.28
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.481	0	0.682
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.387
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.387
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.58
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.32
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.653
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.012	0	17.12
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.175	0	27.24
31	power supply to ESB	65 kVA	415	62.14	0	88.42
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.207
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.173

34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.01
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.13
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.972	0	260.8

Tabel 4. 44 Nilai tegangan jatuh skenario 4 variasi beban 4

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	396.20	18.80	4.53	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	401.35	13.65	3.29	Drop
3	AC. pump starter	87.43	405.46	9.55	2.3	Drop
4	ACond. plant	100	406.70	8.30	2	Drop
5	BA air compressor	80.09	407.16	7.84	1.89	Drop
6	BB. Pump	84.03	407.07	7.93	1.91	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	407.12	7.89	1.9	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	407.16	7.84	1.89	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	406.95	8.05	1.94	Drop
10	BT. vent fan	84.12	405.54	9.46	2.28	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	405.95	9.05	2.18	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	403.67	11.33	2.73	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	405.75	9.25	2.23	Drop
14	deck crane	86.68	406.24	8.76	2.11	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	405.29	9.71	2.34	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	405.79	9.21	2.22	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	405.54	9.46	2.28	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	407.24	7.76	1.87	Drop
19	ECR AC unit	100	406.37	8.63	2.08	Drop
20	electric stove	100	405.08	9.92	2.39	Drop
21	electric stove2	100	405.08	9.92	2.39	Drop
22	engine room fan-1	87.43	406.16	8.84	2.13	Drop
23	FIFI system	100	407.07	7.93	1.91	Drop
24	FO transfer pump	80.53	407.16	7.84	1.89	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	407.16	7.84	1.89	Drop
26	GS & fire pump	84.12	406.99	8.01	1.93	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	406.82	8.18	1.97	Drop
28	OBW. separator	82.18	403.92	11.08	2.67	Drop
29	power DB no.1	100	405.21	9.79	2.36	Drop
30	power DB no-2	100	406.33	8.67	2.09	Drop
31	power supply to ESB	100	405.79	9.21	2.22	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	406.45	8.55	2.06	Drop
33	Sludge pump	80.09	406.95	8.05	1.94	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	397.36	17.64	4.25	Drop

35	Steer G. starter-2	86.94	400.31	14.69	3.54	Drop
36	To Transformer 1	100	212.37	7.63	3.47	Drop

Tabel 4. 45 Peringatan kondisi kritis pada skenario 4 variasi beban 4

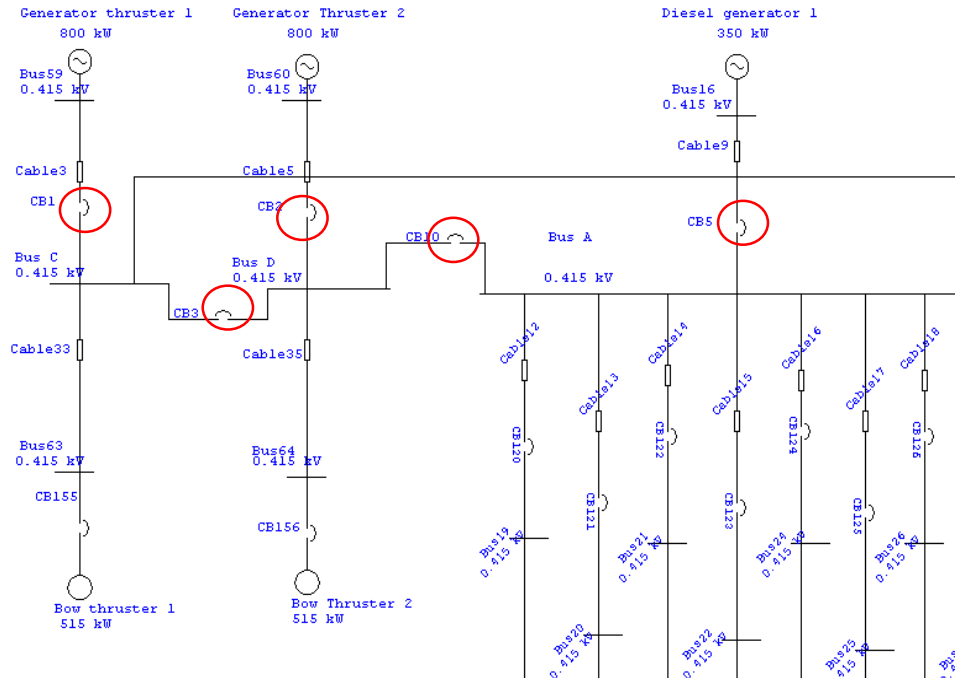
Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable11	Cable	Overload	266.88 Amp	622.709	233.3	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	611.833	197.9	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	946.005	306	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	602.163	194.8	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	611.833	197.9	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	622.707	233.3	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Diesel generator 2	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Generator thruster 1	Generator	Under Excited	0 Mvar	-0.026		3-Phase
Generator Thruster 2	Generator	Under Excited	0 Mvar	-0.026		3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed bus* terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. dengan 4 sumber suplai daya yaitu dua generator thruster dan dua diesel generator. Diberikan variasi beban 110% *bow thruster 1* dan 70% untuk *bow thruster 2* serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukan bahwa *bow thruster 1* dan 2 dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 4,53%, dan *bow thruster 2* sebesar 3,29 %. Seluruh beban listrik pada kapal mengalami tegangan jatuh namun tidak melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC,.Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukan bahwa diesel generator 1 dan 2 mengalami over excited, generator thruster 1 dan 2 mengalami under excited dan pada kabel 11,3,33,35,5, dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

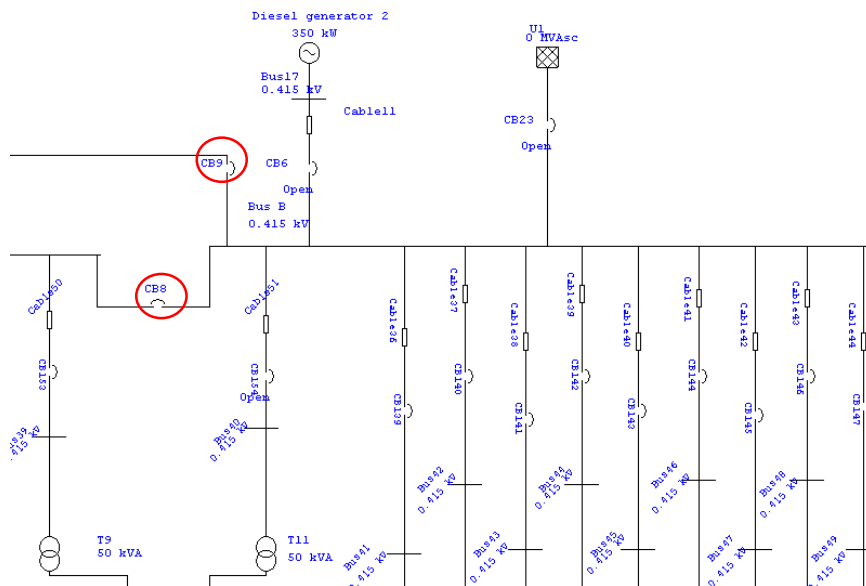
#### 4.9 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 5 konfigurasi *closed bus* (dua generator thruster parallel dengan satu buah DG)

Setelah dilakukan simulasi pada software diperoleh hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 5 pada konfigurasi *closed bus* (dua generator thruster parallel dengan satu buah DG untuk seluruh beban listrik) dengan 4 variasi beban *bow thruster*. Berikut adalah hasil dan single line diagram pada skenario 5:





Gambar 4. 10 konfigurasi skenario 5 *closed bus* (dua generator thruster + satu diesel generator untuk dua buah bow thruster + beban peralatan listrik) (1)



Gambar 4. 11 konfigurasi skenario 5 *closed bus* (dua generator thruster + satu diesel generator untuk dua buah bow thruster + beban peralatan listrik)(2)

**variasi beban 1, bow thruster 1 dan 2 pada load 60% + beban listrik kapal**

Tabel 4. 46 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	516.7
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	331	139	515.6
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.34
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.196	0	78.44
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.174
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.394
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.393
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.389
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.389
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.607
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.602
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.786
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.751
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.18
15	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	119.6
16	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	119.4
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.77
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.72
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.583	0	3.674
20	electric stove	22 kVA	415	20.911	0	29.84
21	electric stove2	22 kVA	415	20.911	0	29.84
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.31
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.48	0	0.682
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.388
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.388
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.587
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.33
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.656
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.985	0	17.1
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.13	0	27.21
31	power supply to ESB	65 kVA	415	61.997	0	88.31
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.209
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.174
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.03
35	Steer G. starter 2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.15
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.899	0	260.5

Tabel 4. 47 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	400.85	14.15	3.41	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	401.76	13.24	3.19	Drop
3	AC. pump starter	87.43	405.00	10.00	2.41	Drop
4	ACond. plant	100	406.24	8.76	2.11	Drop
5	BA air compressor	80.09	406.70	8.30	2	Drop
6	BB. Pump	84.03	406.62	8.38	2.02	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	406.66	8.34	2.01	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	406.66	8.34	2.01	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	406.49	8.51	2.05	Drop
10	BT. vent fan	84.12	405.08	9.92	2.39	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	405.46	9.55	2.3	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	403.17	11.83	2.85	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	405.25	9.75	2.35	Drop
14	deck crane	86.68	405.75	9.25	2.23	Drop
15	Deck M/Y power pack-2	91.96	404.83	10.17	2.45	Drop
16	Deck M/Y power pack-1	91.96	405.29	9.71	2.34	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	405.08	9.92	2.39	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	406.78	8.22	1.98	Drop
19	ECR AC unit	100	405.91	9.09	2.19	Drop
20	electric stove	100	404.58	10.42	2.51	Drop
21	electric stove2	100	404.58	10.42	2.51	Drop
22	engine room fan-1	87.43	405.66	9.34	2.25	Drop
23	FIFI system	100	406.62	8.38	2.02	Drop
24	FO transfer pump	80.53	406.70	8.30	2	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	406.70	8.30	2	Drop
26	GS & fire pump	84.12	406.53	8.47	2.04	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	406.33	8.67	2.09	Drop
28	OBW. separator	82.18	403.46	11.54	2.78	Drop
29	power DB no.1	100	404.75	10.25	2.47	Drop
30	power DB no-2	100	405.87	9.13	2.2	Drop
31	power supply to ESB	100	405.29	9.71	2.34	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	405.99	9.01	2.17	Drop
33	Sludge pump	80.09	406.49	8.51	2.05	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	396.91	18.09	4.36	Drop
35	Steer G. starter 2	86.94	399.85	15.15	3.65	Drop
36	To Transformer 1	80	212.12	7.88	3.58	Drop

Tabel 4. 48 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 1

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	601.453	194.6	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	516.754	167.2	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	515.603	166.8	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	601.453	194.6	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	623.418	233.6	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. Diberikan variasi beban 60% untuk masing-masing *bow thruster* serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 3,41 %, dan *bow thruster 2* sebesar 3.19 %. Kemudian seluruh beban listrik pada kapal juga mengalami tegangan jatuh namun tidak ada yang melewati standar yang ditentukan oleh IEC. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 mengalami over exciter dan pada kabel 3,33,35,5 dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### variasi beban2, *bow thruster 1* dan *2* pada load 100% + beban listrik kapal

Tabel 4. 49 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	881.7
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	878.3
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.59
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	53.864	0	77.49
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.188
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.46
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.46
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.406
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.406
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.677
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.671
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.871
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.835
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.36
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	121.1
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	120.9
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.92

18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.87
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.521	0	3.629
20	electric stove	22 kVA	415	20.406	0	29.48
21	electric stove2	22 kVA	415	20.406	0	29.48
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.56
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.468	0	0.673
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.406
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.406
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.656
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.52
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.689
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.695	0	16.89
30	power DB no-2	20 kVA	415	18.669	0	26.88
31	power supply to ESB	65 kVA	415	60.501	0	87.24
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.237
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.189
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.25
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.38
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.129	0	257.3

Tabel 4. 50 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	391.55	23.45	5.65	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	393.09	21.91	5.28	Drop
3	AC. pump starter	87.43	400.02	14.98	3.61	Drop
4	ACond. plant	100	401.31	13.70	3.3	Drop
5	BA air compressor	80.09	401.76	13.24	3.19	Drop
6	BB. Pump	84.03	401.68	13.32	3.21	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	401.72	13.28	3.2	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	401.72	13.28	3.2	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	401.55	13.45	3.24	Drop
10	BT. vent fan	84.12	400.10	14.90	3.59	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	400.52	14.48	3.49	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	398.19	16.81	4.05	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	400.31	14.69	3.54	Drop
14	deck crane	86.68	400.81	14.19	3.42	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	399.85	15.15	3.65	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	400.35	14.65	3.53	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	400.10	14.90	3.59	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	401.84	13.16	3.17	Drop

19	ECR AC unit	100	400.97	14.03	3.38	Drop
20	electric stove	100	399.69	15.31	3.69	Drop
21	electric stove2	100	399.69	15.31	3.69	Drop
22	engine room fan-1	87.43	400.72	14.28	3.44	Drop
23	FIFI system	100	401.68	13.32	3.21	Drop
24	FO transfer pump	80.53	401.76	13.24	3.19	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	401.76	13.24	3.19	Drop
26	GS & fire pump	84.12	401.60	13.40	3.23	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	401.39	13.61	3.28	Drop
28	OBW. separator	82.18	398.48	16.52	3.98	Drop
29	power DB no.1	100	399.81	15.19	3.66	Drop
30	power DB no-2	100	400.93	14.07	3.39	Drop
31	power supply to ESB	100	400.39	14.61	3.52	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	401.01	13.99	3.37	Drop
33	Sludge pump	80.09	401.55	13.45	3.24	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	391.84	23.16	5.58	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	394.79	20.21	4.87	Drop
36	To Transformer 1	100	209.55	10.45	4.75	Drop

Tabel 4. 51 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 2

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus50	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.4	3-Phase
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.3	3-Phase
Bus64	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.393	94.7	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	955.102	309	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	881.734	285.2	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	878.272	284.1	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	955.102	309	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	630.854	236.4	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. Diberikan variasi beban 100% untuk masing-masing *bow thruster* serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,65 %, dan *bow thruster 2* sebesar 5,28 %. Beban peralatan listrik pada kapal yang mengalami tegangan jatuh melewati standar yaitu steering gear 1 mengalami tegangan jatuh sebesar 5,58%. Seluruh beban listrik pada kapal lainnya juga mengalami tegangan jatuh namun beberapa tidak melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC,.Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 mengalami over excited, bus 50,63, dan 64 mengalami undervoltage, dan pada kabel 3,33,35,5, dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

**variasi beban 3, bow thruster 1 load 60% dan bow thruster 2 load 100% + beban listrik kapal**

Tabel 4. 52 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	331	139	520
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	872.6
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.47
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	54.535	0	77.97
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.181
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.427
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.426
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.397
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.398
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.641
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.636
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.828
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.793
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.27
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	120.3
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	120.2
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.84
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.79
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.552	0	3.652
20	electric stove	22 kVA	415	20.66	0	29.66
21	electric stove2	22 kVA	415	20.66	0	29.66
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.43
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.474	0	0.677
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.397
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.397
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.621
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.43
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.673
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.841	0	16.99
30	power DB no-2	20 kVA	415	18.901	0	27.05
31	power supply to ESB	65 kVA	415	61.254	0	87.78
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.223
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.181
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.14
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.26
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.516	0	258.9

Tabel 4. 53 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 3

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	398.36	16.64	4.01	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	395.66	19.34	4.66	Drop
3	AC. pump starter	87.43	402.55	12.45	3	Drop
4	ACond. plant	100	403.80	11.21	2.7	Drop
5	BA air compressor	80.09	404.25	10.75	2.59	Drop
6	BB. Pump	84.03	404.17	10.83	2.61	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	404.21	10.79	2.6	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	404.21	10.79	2.6	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	404.04	10.96	2.64	Drop
10	BT. vent fan	84.12	402.59	12.41	2.99	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	403.01	11.99	2.89	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	400.72	14.28	3.44	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	402.80	12.20	2.94	Drop
14	deck crane	86.68	403.30	11.70	2.82	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	402.38	12.62	3.04	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	402.84	12.16	2.93	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	402.63	12.37	2.98	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	404.33	10.67	2.57	Drop
19	ECR AC unit	100	403.46	11.54	2.78	Drop
20	electric stove	100	402.18	12.82	3.09	Drop
21	electric stove2	100	402.18	12.82	3.09	Drop
22	engine room fan-1	87.43	403.21	11.79	2.84	Drop
23	FIFI system	100	404.17	10.83	2.61	Drop
24	FO transfer pump	80.53	404.25	10.75	2.59	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	404.25	10.75	2.59	Drop
26	GS & fire pump	84.12	404.09	10.91	2.63	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	403.88	11.12	2.68	Drop
28	OBW. separator	82.18	400.97	14.03	3.38	Drop
29	power DB no.1	100	402.30	12.70	3.06	Drop
30	power DB no-2	100	403.42	11.58	2.79	Drop
31	power supply to ESB	100	402.88	12.12	2.92	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	403.55	11.45	2.76	Drop
33	Sludge pump	80.09	404.04	10.96	2.64	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	394.37	20.63	4.97	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	397.36	17.64	4.25	Drop
36	To Transformer 1	100	210.85	9.15	4.16	Drop



Tabel 4. 54 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 3

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	775.665	250.9	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	519.976	168.2	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	872.603	282.3	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	775.665	250.9	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	627.056	235	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. diberikan variasi beban 60% untuk *bow thruster 1* dan 100% untuk *bow thruster 2*, serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 4,01%, dan *bow thruster 2* sebesar 4,66%. Seluruh beban peralatan listrik pada kapal mengalami tegangan jatuh namun beberapa tidak melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC,.Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 mengalami over excited, dan pada kabel 3,33,35, 5, dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

**variasi beban 4, *bow thruster 1* load 110% dan *bow thruster 2* load 70% + beban listrik kapal**

Tabel 4. 55 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 4

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	956.1
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	386	162	608.4
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.53
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	54.221	0	77.75
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.184
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.442
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.442
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.401
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.402
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.658
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.652
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.848
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.812
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.31
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	120.6
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	120.5
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.88

18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.83
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.537	0	3.641
20	electric stove	22 kVA	415	20.542	0	29.57
21	electric stove2	22 kVA	415	20.542	0	29.57
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.49
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.472	0	0.676
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.401
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.401
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.637
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.47
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.68
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.773	0	16.94
30	power DB no-2	20 kVA	415	18.792	0	26.97
31	power supply to ESB	65 kVA	415	60.901	0	87.53
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.229
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.185
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.19
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.32
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.335	0	258.1

Tabel 4. 56 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 4

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	392.01	22.99	5.54	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	397.20	17.80	4.29	Drop
3	AC. pump starter	87.43	401.35	13.65	3.29	Drop
4	ACond. plant	100	402.63	12.37	2.98	Drop
5	BA air compressor	80.09	403.09	11.91	2.87	Drop
6	BB. Pump	84.03	403.01	11.99	2.89	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	403.05	11.95	2.88	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	403.05	11.95	2.88	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	402.88	12.12	2.92	Drop
10	BT. vent fan	84.12	401.43	13.57	3.27	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	401.84	13.16	3.17	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	399.52	15.48	3.73	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	401.64	13.36	3.22	Drop
14	deck crane	86.68	402.14	12.87	3.1	Drop
15	Deck M/Y power pack-1	91.96	401.18	13.82	3.33	Drop
16	Deck M/Y power pack-2	91.96	403.17	11.83	2.85	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	401.43	13.57	3.27	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	401.68	13.32	3.21	Drop

19	ECR AC unit	100	402.30	12.70	3.06	Drop
20	electric stove	100	401.01	13.99	3.37	Drop
21	electric stove2	100	401.01	13.99	3.37	Drop
22	engine room fan-1	87.43	402.05	12.95	3.12	Drop
23	FIFI system	100	403.01	11.99	2.89	Drop
24	FO transfer pump	80.53	403.09	11.91	2.87	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	403.09	11.91	2.87	Drop
26	GS & fire pump	84.12	402.92	12.08	2.91	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	402.72	12.28	2.96	Drop
28	OBW. separator	82.18	399.81	15.19	3.66	Drop
29	power DB no.1	100	401.14	13.86	3.34	Drop
30	power DB no-2	100	402.26	12.74	3.07	Drop
31	power supply to ESB	100	401.72	13.28	3.2	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	402.34	12.66	3.05	Drop
33	Sludge pump	80.09	402.88	12.12	2.92	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	393.17	21.83	5.26	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	396.16	18.84	4.54	Drop
36	To Transformer 1	100	210.25	9.75	4.43	Drop

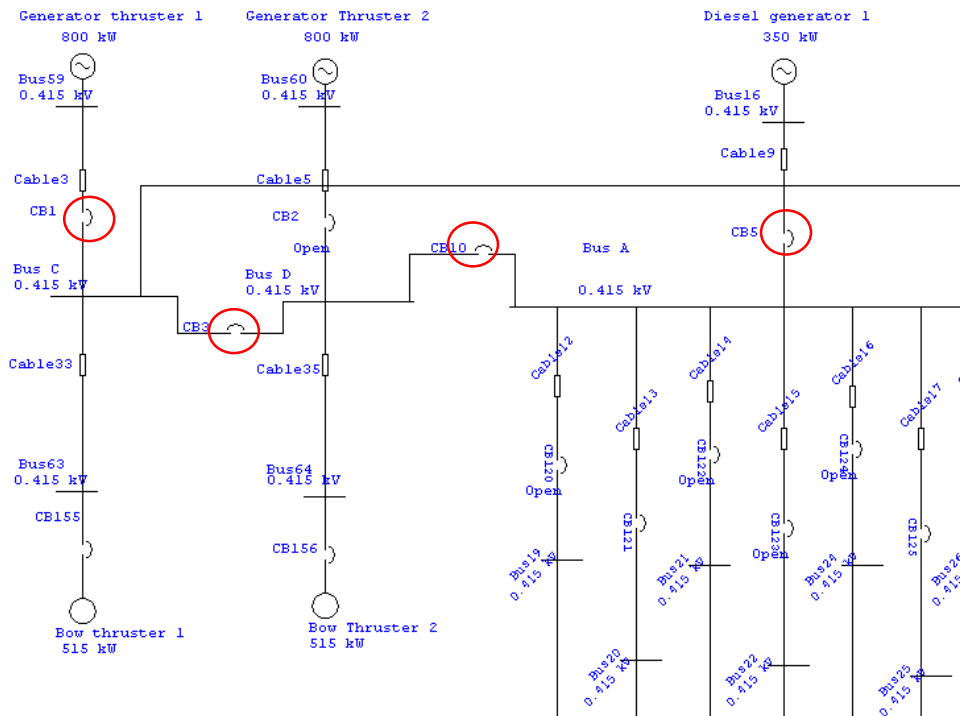
Tabel 4. 57 Peringatan kondisi kritis pada skenario 5 variasi beban 4

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus50	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.393	94.7	3-Phase
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.392	94.5	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	862.157	278.9	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	956.147	309.3	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	608.446	196.8	3-Phase
Cable5	Cable	Overload	309.12 Amp	862.157	278.9	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	628.835	235.6	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase

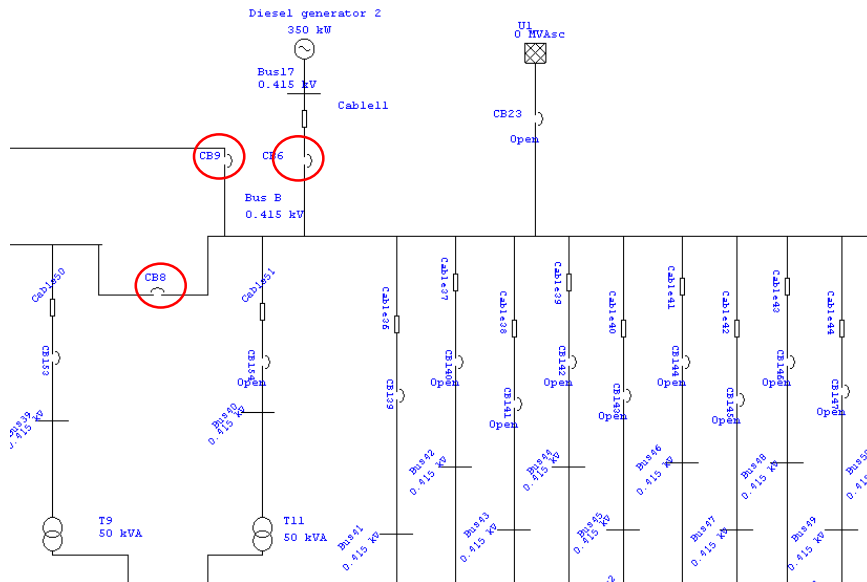
Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. diberikan variasi beban 110% untuk *bow thruster 1* dan 70% untuk *bow thruster 2*, serta seluruh beban listrik pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukkan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar, *bow thruster 1* mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,54%, dan *bow thruster 2* sebesar 4,29%. Beban peralatan listrik pada kapal yang mengalami tegangan jatuh melewati standar yaitu steering gear 1 mengalami tegangan jatuh sebesar 5,26%. Seluruh beban listrik pada kapal lainnya juga mengalami tegangan jatuh namun beberapa tidak melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC,.Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 mengalami over excited, bus 63 mengalami undervoltage, dan pada kabel 3,33,35,5, dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### 4.10 Hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 6 konfigurasi *closed bus* (satu *generator thruster* parallel dengan dua buah DG untuk beban-beban listrik esensial)

Setelah dilakukan simulasi pada software diperoleh hasil analisis tegangan jatuh pada skenario 6 pada konfigurasi *closed bus* (satu *generator thruster* parallel dengan dua buah DG untuk seluruh beban listrik) dengan 2 variasi beban *bow thruster*. Berikut adalah hasil dan single line diagram pada skenario 5:



Gambar 4. 12 konfigurasi skenario 6 *closed bus* (satu *generator thruster* + dua *diesel generator* untuk dua buah *bow thruster* + beban peralatan listrik esensial) (1)



Gambar 4. 13 konfigurasi skenario 6 *closed bus* (satu generator thruster + dua diesel generator untuk dua buah bow thruster + beban peralatan listrik esensial) (2) variasi beban 1, bow thruster 1 dan 2 pada load 80% + beban listrik esensial

Tabel 4. 58 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	441	185	689.8
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	441	185	687.7
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.26
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.639	0	78.76
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.169
6	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.383
7	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.384
8	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.585
9	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.579
10	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.724
11	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.604	0	3.689
12	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.23
13	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.383
14	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.383
15	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.27
16	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.081	0	17.16
17	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.2
18	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.96
19	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.08
20	To Transformer 1	34.3 kVA	220	32.155	0	261.5

Tabel 4. 59 Nilai tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 1

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	400.43	14.57	3.51	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	401.64	13.36	3.22	Drop
3	AC. pump starter	87.43	406.62	8.38	2.02	Drop
4	ACond. plant	100	407.86	7.14	1.72	Drop
5	BA air compressor	80.09	408.32	6.68	1.61	Drop
6	BT. cool. pump 2	80.53	408.32	6.68	1.61	Drop
7	BT. cooling pump	80.53	408.11	6.89	1.66	Drop
8	BT. vent fan	84.12	406.70	8.30	2	Drop
9	BT. vent fan2	84.12	407.12	7.88	1.9	Drop
10	CPP hydr unit	84.6	406.91	8.09	1.95	Drop
11	ECR AC unit	100	407.53	7.47	1.8	Drop
12	engine room fan-1	87.43	407.32	7.68	1.85	Drop
13	FO transfer pump	80.53	408.32	6.68	1.61	Drop
14	FO transfer pump 2	80.53	408.32	6.68	1.61	Drop
15	Hydr.pack (karm fork)	86.71	407.99	7.01	1.69	Drop
16	power DB no.1	100	406.37	8.63	2.08	Drop
17	S/G room vent fan	81.72	407.61	7.39	1.78	Drop
18	Steer G. starter-1	86.94	398.57	16.43	3.96	Drop
19	Steer G. starter-2	86.94	401.51	13.49	3.25	Drop
20	To Transformer 1	100	212.98	7.02	3.19	Drop

Tabel 4. 60 Peringatan kondisi kritis pada skenario 6 variasi beban 1

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Cable11	Cable	Overload	266.88 Amp	620.988	232.7	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	652.502	211.1	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	689.765	223.1	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	687.704	222.5	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	620.988	232.7	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Diesel generator 2	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Generator thruster 1	Generator	Under Excited	0 Mvar	-0.172		3-Phase
Generator Thruster 2	Generator	Under Excited	0 Mvar	0		3-Phase
Generator Thruster 2	Generator	Under Power	0 MW	0		3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed* bus terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. Diberikan variasi beban 80% untuk masing-masing *bow thruster* serta beban listrik esensial pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukan bahwa *bow thruster 1* dan *2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan namun tidak melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 3,51 %, dan *bow*

*thruster 2* sebesar 3,22 %. Kemudian seluruh beban listrik esensial juga mengalami tegangan jatuh namun tidak melewati standar yang ditentukan oleh IEC. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukkan bahwa diesel generator 1 dan 2 mengalami over exciter, generator thruster 1 mengalami under exciter, dan pada kabel 11,3,33,35,5 dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

**variasi beban 2, bow thruster 1 dan 2 pada load 100% + beban listrik esensial**

Tabel 4. 61 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	878
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	874.6
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.51
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	54.302	0	77.81
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.183
6	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.4
7	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.401
8	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.654
9	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.648
10	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.807
11	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.541	0	3.644
12	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.48
13	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.4
14	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.4
15	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.46
16	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.79	0	16.96
17	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.228
18	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.17
19	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.3
20	To Transformer 1	34.3 kVA	220	31.382	0	258.3

Tabel 4. 62 Nilai tegangan jatuh skenario 6 variasi beban 2

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	393.21	21.79	5.25	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	394.75	20.25	4.88	Drop
3	AC. pump starter	87.43	401.68	13.32	3.21	Drop
4	ACond. plant	100	402.92	12.08	2.91	Drop
5	BA air compressor	80.09	403.38	11.62	2.8	Drop
6	BT. cool. pump 2	80.53	403.34	11.66	2.81	Drop
7	BT. cooling pump	80.53	403.17	11.83	2.85	Drop
8	BT. vent fan	84.12	401.72	13.28	3.2	Drop

9	BT. vent fan2	84.12	402.14	12.87	3.1	Drop
10	CPP hydr unit	84.6	401.93	13.07	3.15	Drop
11	ECR AC unit	100	402.59	12.41	2.99	Drop
12	engine room fan-1	87.43	402.34	12.66	3.05	Drop
13	FO transfer pump	80.53	403.38	11.62	2.8	Drop
14	FO transfer pump 2	80.53	403.38	11.62	2.8	Drop
15	Hydr.pack (karm fork)	86.71	403.01	11.99	2.89	Drop
16	power DB no.1	100	401.43	13.57	3.27	Drop
17	S/G room vent fan	81.72	402.67	12.33	2.97	Drop
18	Steer G. starter-1	86.94	393.50	21.50	5.18	Drop
19	Steer G. starter-2	86.94	396.45	18.55	4.47	Drop
20	To Transformer 1	100	210.41	9.59	4.36	Drop

Tabel 4. 63 Peringatan kondisi kritis pada skenario 6 variasi beban 2

Critical						
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus50	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.393	94.8	3-Phase
Bus63	Bus	Under Voltage	0.415 kV	0.393	94.8	3-Phase
Cable11	Cable	Overload	266.88 Amp	628.369	235.5	3-Phase
Cable3	Cable	Overload	309.12 Amp	944.621	305.6	3-Phase
Cable33	Cable	Overload	309.12 Amp	877.98	284	3-Phase
Cable35	Cable	Overload	309.12 Amp	874.564	282.9	3-Phase
Cable9	Cable	Overload	266.88 Amp	628.369	235.5	3-Phase
Diesel generator 1	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Diesel generator 2	Generator	Over Excited	0.3 Mvar	0.3	100	3-Phase
Generator thruster 1	Generator	Under Excited	0 Mvar	-0.071		3-Phase
Generator Thruster 2	Generator	Under Excited	0 Mvar	0		3-Phase
Generator Thruster 2	Generator	Under Power	0 MW	0		3-Phase

Pada konfigurasi ini *closed bus* terjadi pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’. Diberikan variasi beban 100% untuk masing-masing *bow thruster* serta beban listrik esensial pada load sesuai dengan mode *maneuvering*. Pada tabel diatas di dapatkan hasil simulasi load flow. Ditunjukan bahwa *bow thruster 1 dan 2* dengan kebutuhan daya terbesar mengalami drop tegangan melewati standar yang telah ditentukan oleh IEC yaitu sebesar +/- 5%, *Bow thruster 1* mengalami tegangan jatuh sebesar 5,25%, dan *bow thruster 2* sebesar 4,88%. Kemudian, seluruh beban listrik esensial yang lain juga mengalami tegangan jatuh namun, hanya *steering gear starter 1* yang melewati standar tegangan jatuh yang ditentukan IEC yaitu sebesar 5,18%. Pada tabel peringatan kondisi kritis ditunjukan bahwa diesel generator 1 dan 2 mengalami over excited, generator thruster 1 mengalami under exciter, bus 50 dan 63 mengalami undervoltage, dan pada kabel 11,3,33,35, dan 9 mengalami kondisi *overload* dimana arus yang melalui kabel tersebut melebihi batasan dari spesifikasi setiap kabel tersebut.

#### 4.11 Ringkuman analisis tegangan jatuh 6 konfigurasi sistem suplai daya.

Dalam simulasi *load flow analysis* diambil beberapa data penunjang untuk mengetahui adanya tegangan jatuh pada tiap titik beban yaitu nilai P (daya aktif), Q (daya reaktif), Arus dan faktor daya ( $\cos \phi$ ). Sehingga diketahui  $V_r$  untuk dapat diketahui nilai tegangan jatuh dalam satuan persen (%). Sebelum mendapatkan nilai – nilai tersebut,



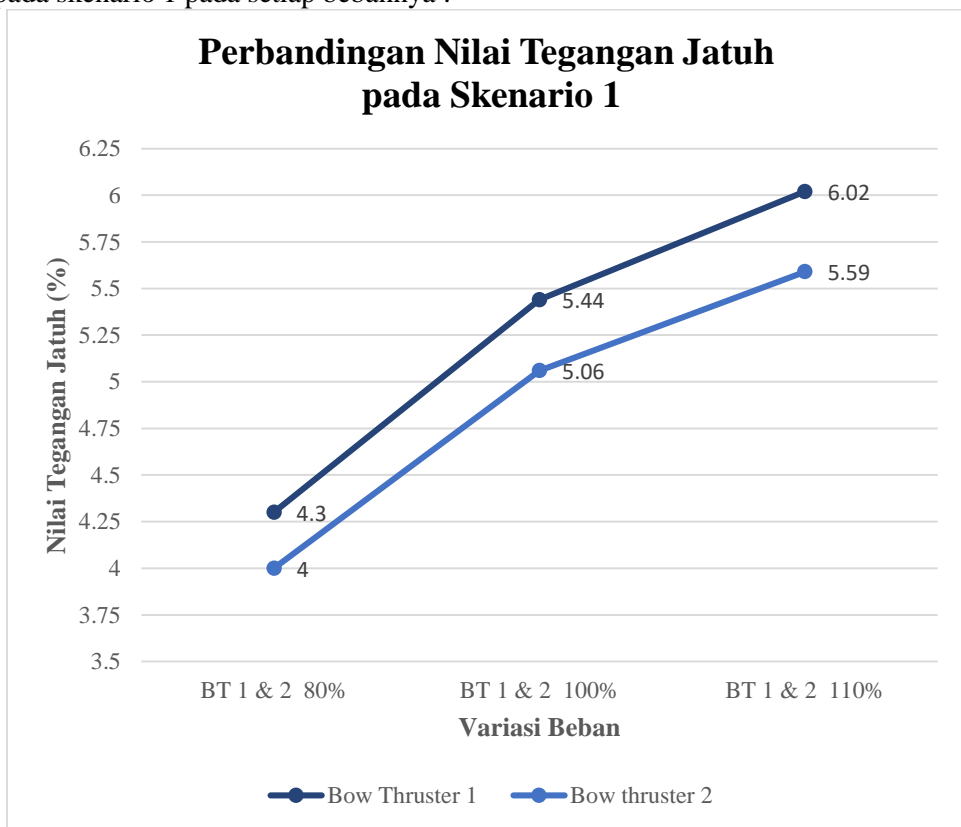
diperlukan data nilai impedansi dari kabel sebagai penghantar aliran listrik pada sistem distribusi. hal ini dikarenakan kabel mempunyai peran yang penting dalam terjadinya drop tegangan, semakin besar nilai impedansi yang dimiliki oleh kabel maka kemungkinan drop tegangan yang terjadi semakin besar juga hal ini sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned}\Delta V &= I_s \times (R_s + jX) \\ &= I \times Z_s\end{aligned}$$

Dari rumus tersebut nilai impedansi berbanding lurus dengan nilai drop tegangan sehingga apabila nilai impedansi besar, drop tegangan juga semakin besar.

Berikut adalah rangkuman analisis tegangan jatuh pada 6 skenario konfigurasi sistem suplai daya :

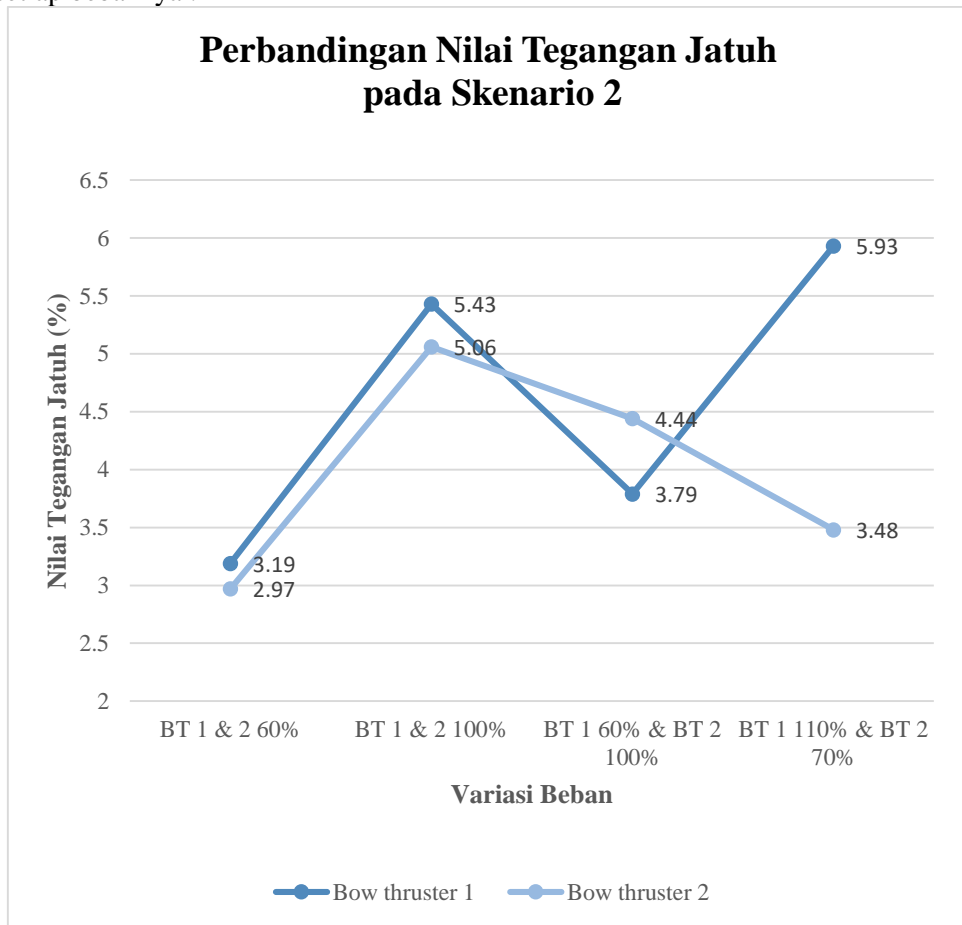
1. Skenario 1, pada konfigurasi *open (split) bus*, terjadi tegangan jatuh pada setiap variasi beban. Grafik dibawah merupakan hasil simulasi tegangan jatuh yang terjadi pada skenario 1 pada setiap bebannya :



Grafik 4. 1 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 1

Dari grafik diatas ditunjukkan tegangan jatuh yang melewati standar IEC berada pada saat variasi beban *bow thruster* 100% dan 110%. Sehingga diperlukan perbaikan pada variasi beban tersebut, jika tidak di lakukan perbaikan, maka, sistem dengan konfigurasi ini tidak aman jika dioperasikan mencapai variasi beban 100% *bow thruster*.

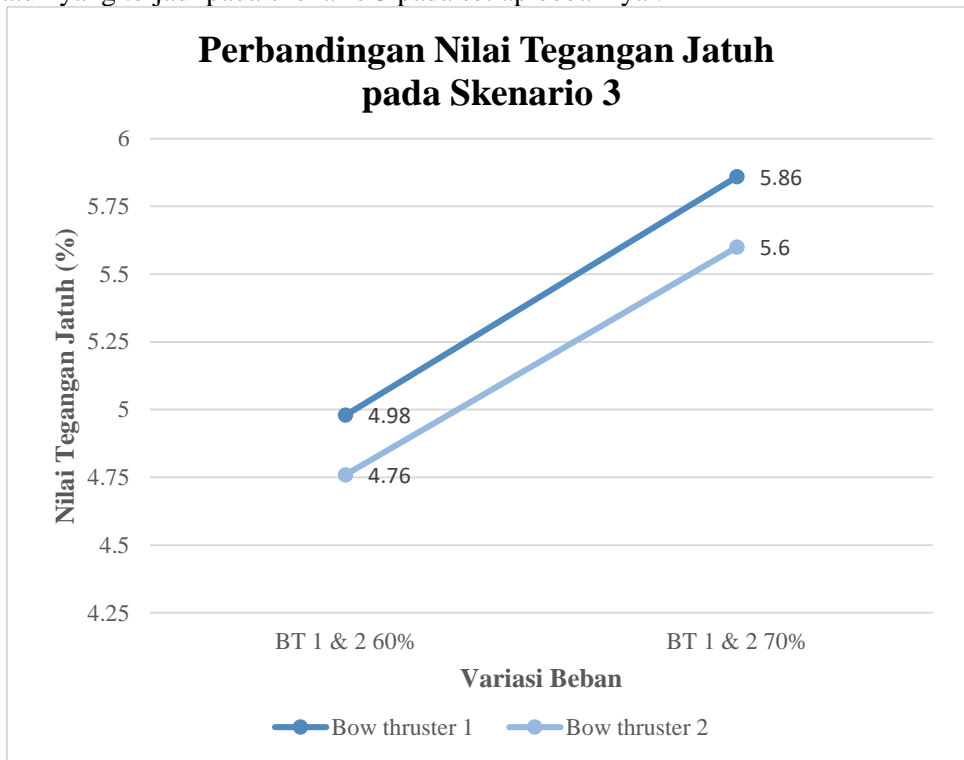
2. Skenario 2, pada konfigurasi *closed bus*, busbar ‘C’ dan ‘D’ dengan suplai daya dua buah *generator thruster* terjadi tegangan jatuh pada setiap variasi beban. Grafik dibawah merupakan hasil simulasi tegangan jatuh yang terjadi pada skenario 2 pada setiap bebannya :



Grafik 4. 2 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 2

Dari grafik diatas ditunjukkan tegangan jatuh yang melewati standar IEC berada pada saat variasi beban *bow thruster* 100% dan 110%. Dapat dilihat bahwa nilai tegangan jatuh konfigurasi split dan *closed bus* hampir serupa. Sehingga diperlukan perbaikan pada variasi beban tersebut, jika tidak di lakukan perbaikan, maka, sistem dengan konfigurasi ini tidak aman jika dioperasikan mencapai variasi beban 100% *bow thruster*.

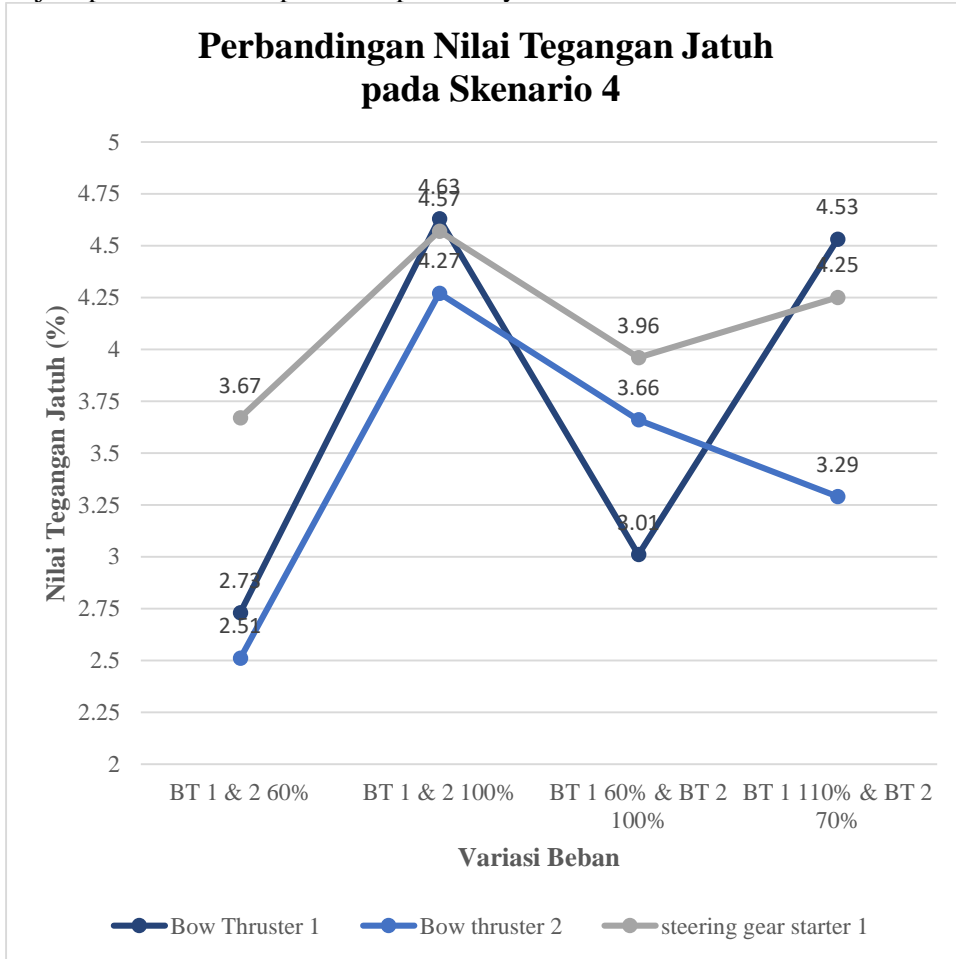
3. Skenario 3, pada konfigurasi *closed bus* busbar 'C' dan 'D' dengan suplai daya hanya satu buah *generator thruster* untuk dua buah *bow thruster* terjadi tegangan jatuh pada setiap variasi beban. Grafik dibawah merupakan hasil simulasi tegangan jatuh yang terjadi pada skenario 3 pada setiap bebannya :



Grafik 4. 3 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 3

Dari grafik diatas ditunjukkan tegangan jatuh yang melewati standar IEC berada pada saat variasi beban *bow thruster* 70%. Pada konfigurasi ini satu *generator thruster* bekerja pada 90% dayanya sehingga efisiensi *generator thruster* tersebut meningkat dibandingkan jika menggunakan dua buah *generator thruster*, namun tegangan jatuh sudah muncul saat variasi beban 70% kedua beban *bow thruster*. Sehingga diperlukan perbaikan pada variasi beban tersebut , jika tidak di lakukan perbaikan, maka, sistem dengan konfigurasi ini tidak aman jika dioperasikan melebihi variasi beban 70% *bow thruster*. peningkatan efisiensi pada *generator thruster* juga menimbulkan pengaruh baik yaitu pengurangan emisi.

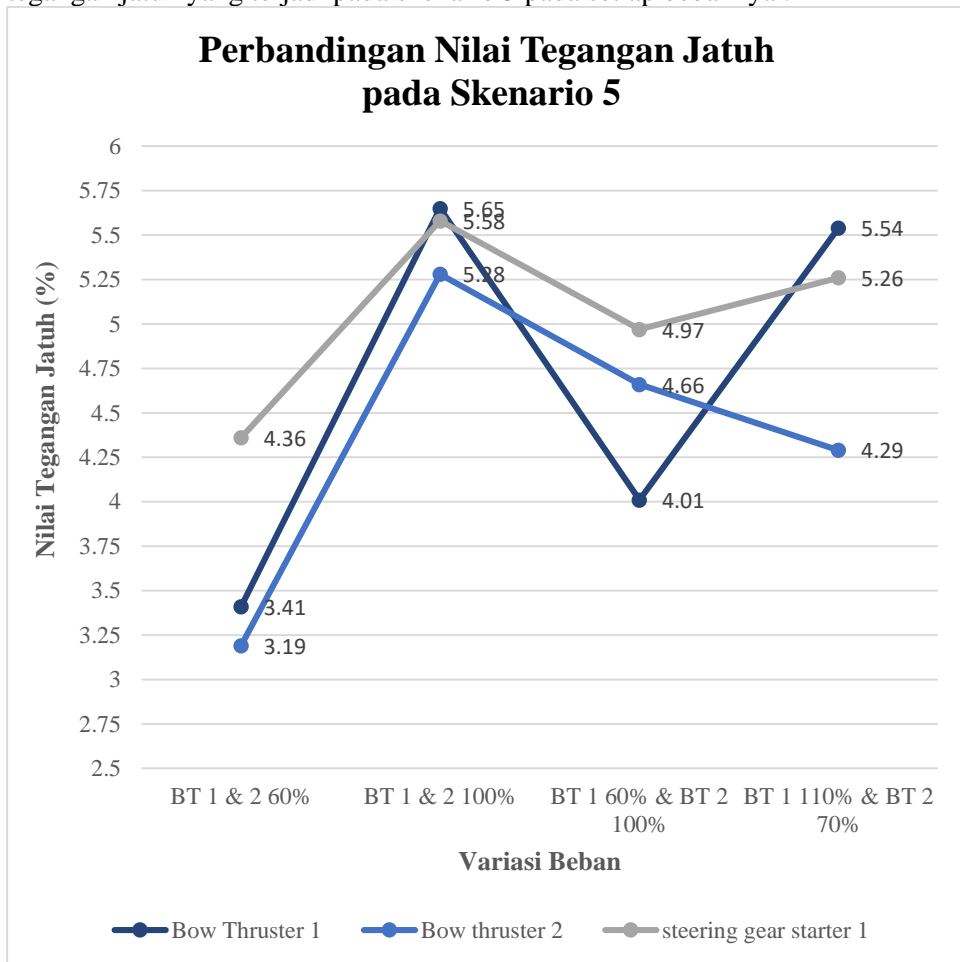
4. Skenario 4, pada konfigurasi *closed bus* pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’ dengan suplai daya dua generator thruster dan dua buah diesel generator selalu terjadi tegangan jatuh pada setiap variasi beban pada setiap peralatan listrik, termasuk dua buah *bow thruster*. Grafik dibawah merupakan hasil simulasi tegangan jatuh yang terjadi pada skenario 4 pada setiap bebannya :



Grafik 4. 4 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 4

Dari grafik diatas ditunjukkan tegangan jatuh yang terjadi tidak melewati standar yang ditentukan oleh IEC. Hal ini terjadi di karenakan suplai daya yang diberikan kepada sistem cukup besar sehingga drop tegangan yang terjadi terhadap sistem tidak melampaui standar IEC pada semua variasi beban *bow thruster*. Dengan begitu, pada konfigurasi ini sistem dapat dioperasikan hingga variasi beban maksimalnya tanpa dilakukan perbaikan pada sistem. Hal ini terjadi karena, sistem memiliki suplai daya yang lebih saat konfigurasi *closed bus* utamanya dengan 4 suplai daya utamanya.

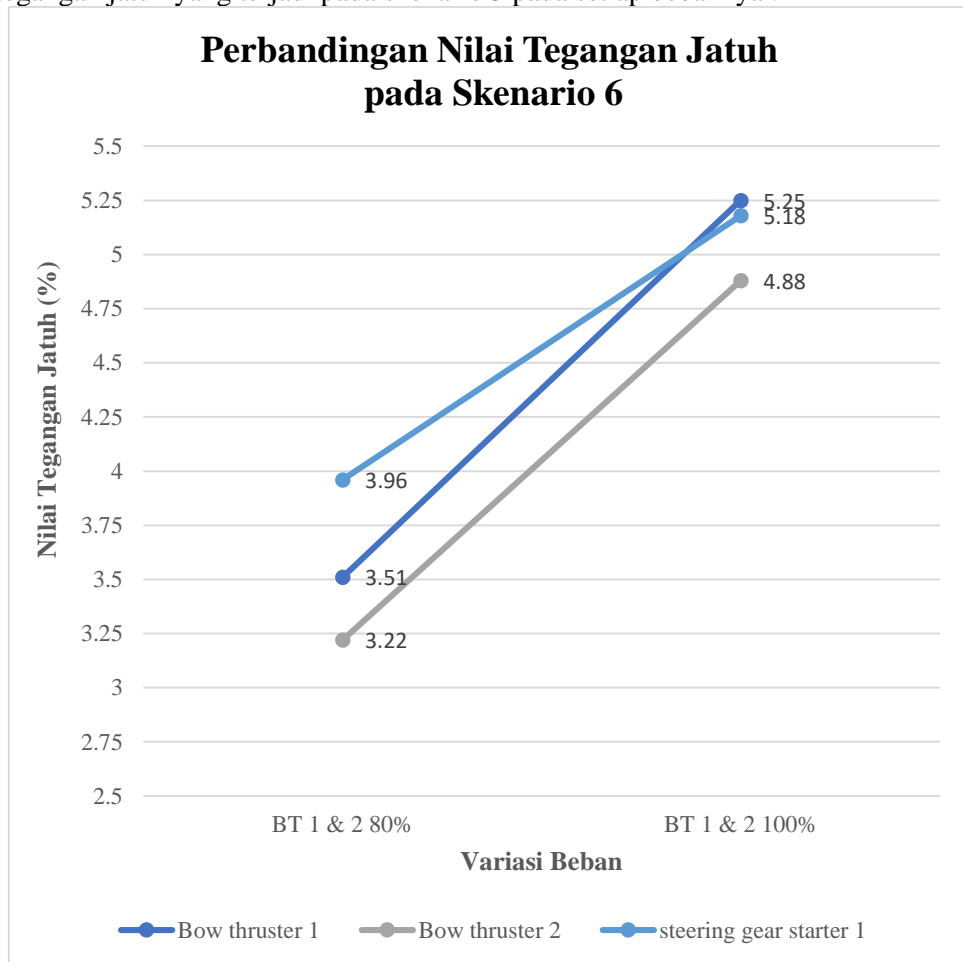
5. Skenario 5, pada konfigurasi *closed* bus pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’ dengan suplai daya dua generator thruster dan satu buah diesel generator selalu terjadi tegangan jatuh pada setiap variasi beban. Grafik dibawah merupakan hasil simulasi tegangan jatuh yang terjadi pada skenario 5 pada setiap bebannya :



Grafik 4. 5 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 5

Dari grafik diatas ditunjukkan tegangan jatuh yang melewati standar IEC berada pada saat variasi beban *bow thruster* 100% dan 110%. Pada konfigurasi ini suplai daya menuju sistem dikurangi, sehingga terjadi tegangan jatuh melampaui standar terjadi pada variasi beban *bow thruster* 100% dan 110%. Sehingga diperlukan perbaikan pada variasi beban tersebut, jika tidak di lakukan perbaikan, maka, sistem dengan konfigurasi ini tidak aman jika dioperasikan mencapai variasi beban 100% *bow thruster*. Dengan dilakukan perbaikan pada variasi beban yang mengalami tegangan jatuh. Dalam pengoperasiannya pengurangan 1 buah *diesel generator* akan meningkatkan efisiensi 3 generator lainnya serta mengurangi emisi yang dihasilkan.

6. Skenario 6, pada konfigurasi *closed* bus pada busbar ‘A’, ‘B’, ‘C’, dan ‘D’ dengan suplai daya satu generator thruster dan dua buah diesel generator selalu terjadi tegangan jatuh pada setiap variasi beban. Grafik dibawah merupakan hasil simulasi tegangan jatuh yang terjadi pada skenario 5 pada setiap bebannya :



Grafik 4. 6 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 6

Dari grafik diatas ditunjukkan tegangan jatuh yang melewati standar IEC berada pada saat variasi beban *bow thruster* 100%. Pada konfigurasi ini suplai daya menuju sistem dikurangi namun hanya beban listrik esensial yang dioperasikan, pada konfigurasi skenario 6 tegangan jatuh melampaui standar terjadi pada variasi beban *bow thruster* 100%. Sehingga diperlukan perbaikan pada variasi beban tersebut, jika tidak dilakukan perbaikan, maka, sistem dengan konfigurasi ini tidak aman jika dioperasikan mencapai variasi beban 100% *bow thruster* . Dengan dilakukan perbaikan pada variasi beban yang mengalami tegangan jatuh. pengurangan 1 buah *generator thruster* akan meningkatkan efisiensi 3 generator lainnya serta mengurangi emisi yang dihasilkan.

Setelah dilakukan simulasi tegangan jatuh pada 6 skenario konfigurasi suplai daya didapatkan hanya skenario 4 konfigurasi *closed bus* (dua buah *generator thruster* + dua buah *diesel generator*), yang mengalami tegangan jatuh tidak melewati standar tegangan jatuh yang telah di tentukan, pada setiap variasi bebannya. Kemudian 5 konfigurasi lainnya mengalami tegangan jatuh pada variasi beban tertentu, pada tabel di bawah dapat dilihat nilai tegangan jatuh yang melewati standar pada setiap variasi beban dari masing masing skenario yang di simulasikan.

Tabel 4. 64 Rangkuman nilai tegangan jatuh yang melewati standar tegangan jatuh pada setiap skenario konfigurasi

No.	Skenario	Konfigurasi	Variasi beban	Nilai tegangan Jatuh > standar IEC (5%)		
				Bow thruster 1	Bow thruster 2	steering gear starter 1
1	1	Split Plant	BT 1 & BT 2 (100%)	5,44	5,06	-
2			BT 1 & BT 2 (110%)	6,02	5,59	-
3	2	Closed bus 2 GS	BT 1 & BT 2 (100%)	5,43	5,06	-
4			BT 1 (110%) & BT 2 (70%)	5,93	-	-
5	3	Closed bus 1 GS	BT 1 & BT 2 (70%)	5,86	5,6	-
6	5	Closed bus 2 GS + 1 DG	BT 1 & BT 2(100%)	5,65	5,28	5,58
7			BT 1 (110%) & BT 2(70%)	5,54	-	5,26
8	6	Closed bus 1 GS + 2 DG	BT 1 & BT 2(100%)	5,25	-	5,18

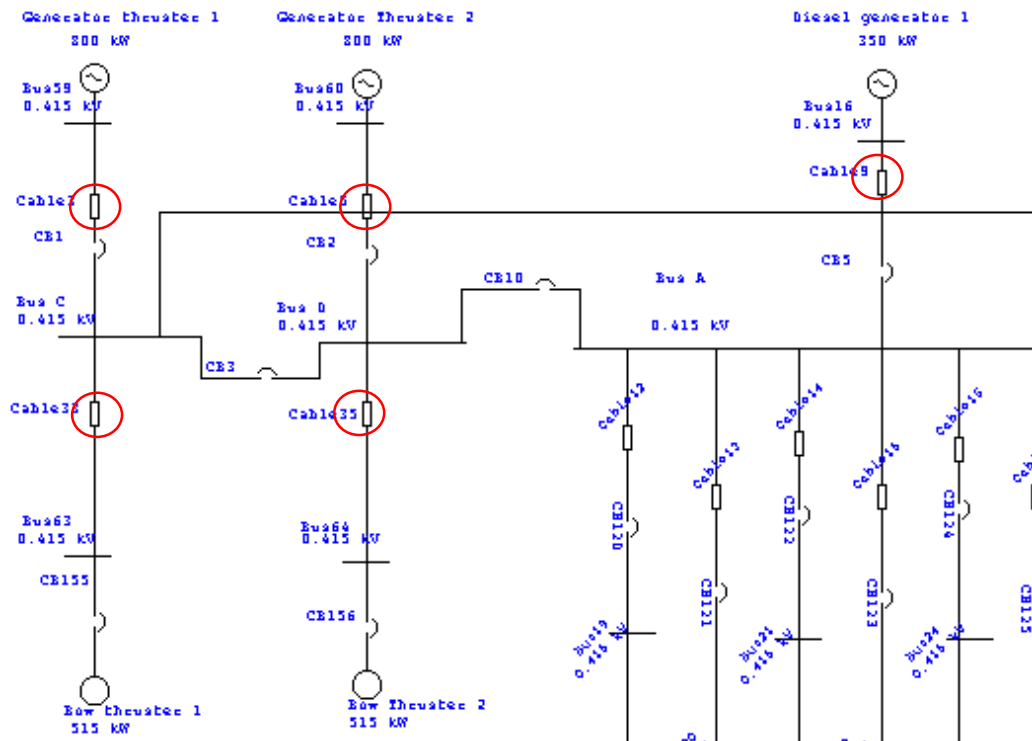
#### 4.12 Perbaikan menggunakan software simulasi

Pada tabel peringatan kondisi kritis ditampilkan masalah yang muncul setelah dilakukan simulasi pada single line diagram dengan berbagai konfigurasi dan variasi suplai daya pada kapal AHTS BNI Castor. Masalah yang muncul antara lain terdapat diesel generator *over exciter*, generator thruster *under exciter*, bus *undervoltage* dan kabel yang *overload*. Kondisi- kondisi tersebut merupakan beberapa penyebab terjadinya tegangan jatuh. Tegangan jatuh yang melewati standar terjadi pada beberapa beban listrik di beberapa scenario konfigurasi suplai daya system listrik Kapal AHTS BNI Castor. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan terhadap beberapa konfigurasi sistem agar drop voltage dapat dikurangi hingga memenuhi standar yang digunakan, sehingga sistem dapat di operasikan dengan maksimal. Serta diperlukan perbaikan pada komponen-komponen yang berada dalam tabel peringatan kondisi kritis tersebut.

##### 4.12.1 Perbaikan dengan penggantian kabel

Kabel yang mengalami overload merupakan kabel dari bus suplai generator *thruster* menuju beban *bow thruster* dan kabel dari diesel generator menuju bus beban peralatan listrik pada kapal . Pemberitahuan kabel pada status *overload* artinya sistem yang melalui kabel tersebut bekerja melewati *rating/limit* dari spesifikasi tiap kabel yang digunakan. Kabel dengan status *overload* bisa menjadi penyebab terjadinya tegangan

jatuh terjadi pada sisi beban. Karena kabel merupakan perantara inti penyaluran daya dari sumber menuju beban. Perbaikan terhadap kabel yang mengalami *overload* yaitu dengan melakukan penggantian kabel dengan spesifikasi *rating/limit* yang lebih tinggi sesuai dengan system yang bekerja. Berikut merupakan perbaikan dengan pergantian kabel pada konfigurasi *closed bus* (dua *generator thruster* dan satu *diesel generator*) untuk suplai dua buah *bow thruster* variasi beban 100% dan seluruh beban listrik pada mode *manouvering* :



Gambar 4. 14 Letak kabel yang perlu diperbaiki pada *single line diagram* skenario 5

Penggantian diameter kabel dilakukan pada kabel yang di lingkari merah seperti gambar diatas yaitu kabel 3,5,9,33,dan 35. agar kabel-kabel tersebut tidak mengalami *overload*, menggunakan software simulasi diameter kabel harus diubah dari 120 mm menjadi 400 mm. setelah spesifikasi diameter kabel diubah kemudian system disimulasikan kembali berikut hasil simulasi pada skenario 5 setelah dilakukan perbaikan pergantian kabel :



Tabel 4. 65 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan pergantian kabel

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	850.1
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	848.8
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.18
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	56.089	0	79.08
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.164
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.351
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.35
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.377
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.378
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.562
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.557
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.731
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.697
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.05
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	118.6
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	118.5
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.68
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.63
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.625	0	3.703
20	electric stove	22 kVA	415	21.249	0	30.08
21	electric stove2	22 kVA	415	21.249	0	30.08
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.14
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.488	0	0.687
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.377
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.377
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.542
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.21
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.635
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.179	0	17.23
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.44	0	27.43
31	power supply to ESB	65 kVA	415	63	0	89.03
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.192
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.165
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.89
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.01
36	To Transformer 1	50 kVA	220	32.415	0	262.6

Tabel 4. 66 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan pergantian kabel

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	406.119	8.881	2.14	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	406.7415	8.2585	1.99	Drop
3	AC. pump starter	87.43	408.277	6.723	1.62	Drop
4	ACond. plant	100	409.522	5.478	1.32	Drop
5	BA air compressor	80.09	409.9785	5.0215	1.21	Drop
6	BB. Pump	84.03	409.8955	5.1045	1.23	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	409.937	5.063	1.22	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	409.937	5.063	1.22	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	409.771	5.229	1.26	Drop
10	BT. vent fan	84.12	408.36	6.64	1.6	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	408.7335	6.2665	1.51	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	406.4925	8.5075	2.05	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	408.5675	6.4325	1.55	Drop
14	deck crane	86.68	409.0655	5.9345	1.43	Drop
15	Deck M/Y power pack-	91.96	408.111	6.889	1.66	Drop
16	Deck M/Y power pack-	91.96	408.609	6.391	1.54	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	408.36	6.64	1.6	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	410.0615	4.9385	1.19	Drop
19	ECR AC unit	100	409.19	5.81	1.4	Drop
20	electric stove	100	407.862	7.138	1.72	Drop
21	electric stove2	100	407.862	7.138	1.72	Drop
22	engine room fan-1	87.43	408.9825	6.0175	1.45	Drop
23	FIFI system	100	409.8955	5.1045	1.23	Drop
24	FO transfer pump	80.53	409.9785	5.0215	1.21	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	409.9785	5.0215	1.21	Drop
26	GS & fire pump	84.12	409.8125	5.1875	1.25	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	409.605	5.395	1.3	Drop
28	OBW. separator	82.18	406.7415	8.2585	1.99	Drop
29	power DB no.1	100	407.9865	7.0135	1.69	Drop
30	power DB no-2	100	409.1485	5.8515	1.41	Drop
31	power supply to ESB	100	408.5675	6.4325	1.55	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	409.273	5.727	1.38	Drop
33	Sludge pump	80.09	409.771	5.229	1.26	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	400.2675	14.7325	3.55	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	403.1725	11.8275	2.85	Drop
36	To Transformer 1	100	213.84	6.16	2.8	Drop



operasi beban *bow thruster*. pada konfigurasi *closed bus* (dua *generator thruster* dan satu *diesel generator*) untuk suplai dua buah *bow thruster* variasi beban 100% dan seluruh beban listrik pada mode *manouvering* :

Diketahui :

P : 551 kw

P.f lama : 0,922

P.f diinginkan : 0,96

$$\begin{aligned}\tan \phi &= \frac{Q}{P} \\ \tan (\arccos \phi) &= \frac{Q}{P} \\ Q &= \tan (\arccos \phi) \times P\end{aligned}\quad (4.1)$$

Dimana,

Q = Daya reaktif

P = Daya Nyata

Sehingga :

$$\begin{aligned}Q_{kompensasi} &= Q_{lama} - Q_{baru} \\ &= [P \times \tan (\arccos \Phi \text{ lama})] - [P \times \tan (\arccos \Phi \text{ baru})] \\ &= P \times [\tan (\arccos \Phi \text{ lama}) - \tan (\arccos \Phi \text{ baru})] \\ &= 551 \times [\tan (\arccos (0.922)) - \tan (\arccos \Phi (0.96))] \\ &= 551 \times [\tan (0.396) - \tan (0.283)] \\ &= 702,91 \text{ kVAR}\end{aligned}\quad (4.2)$$

Mencari Nilai Farad dari kapasitor, Diketahui :

kVAR = 702,91 kVAR

V = 415 Volt

f = 50 Hz

C = kapasitas kapasitor dalam satuan farad

$$C = \frac{kVAR}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2}\quad (4.3)$$

Sehingga,

$$C = 702,91 / 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (415)^2$$

$$C = 12.998,04 \text{ mikrofarad}$$

$$C = 0.013 \text{ Farad}$$

Setelah perhitungan besar kapasitas kapasitor dilakukan dan ditambahkan kapasitor pada single line di rangkaian listrik yang mengalami tegangan jatuh untuk menaikkan nilai factor daya dan memperbaiki kualitas tegangannya. Kemudian dilakukan simulasi kembali pada software simulation (*load flow analysis*) untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari penambahan kapasitor untuk pengurangan drop tegangan yang terjadi pada *bow thruster*. berikut merupakan hasil running simulasi setelah dilakukan upaya penambahan kapasitor pada software simulasi :

Tabel 4. 67 Hasil simulasi tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan penambahan kapasitor

No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	861.3
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	859.4
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.35
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.147	0	78.41
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.174
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.396
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.396
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.389
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.39
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.61
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.604
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.789
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.754
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.18
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	119.6
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	119.5
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.78
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.73
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.581	0	3.672
20	electric stove	22 kVA	415	20.893	0	29.83
21	electric stove2	22 kVA	415	20.893	0	29.83
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.32
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.48	0	0.681
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.389
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.389
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.589
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.34
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.657
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.974	0	17.09
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.114	0	27.2
31	power supply to ESB	65 kVA	415	61.942	0	88.28
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.21
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.175
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.16
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.04
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.87	0	260.3

Tabel 4. 68 Nilai tegangan jatuh skenario 5 variasi beban 2 setelah perbaikan dengan penambahan kapasitor

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	400.807	14.193	3.42	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	401.72	13.28	3.2	Drop
3	AC. pump starter	87.43	404.8325	10.1675	2.45	Drop
4	ACond. plant	100	406.0775	8.9225	2.15	Drop
5	BA air compressor	80.09	406.534	8.466	2.04	Drop
6	BB. Pump	84.03	406.4095	8.5905	2.07	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	406.4925	8.5075	2.05	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	406.4925	8.5075	2.05	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	406.285	8.715	2.1	Drop
10	BT. vent fan	84.12	404.874	10.126	2.44	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	405.289	9.711	2.34	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	403.0065	11.9935	2.89	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	405.0815	9.9185	2.39	Drop
14	deck crane	86.68	405.5795	9.4205	2.27	Drop
15	Deck M/Y power pack-	91.96	404.625	10.375	2.5	Drop
16	Deck M/Y power pack-	91.96	405.123	9.877	2.38	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	404.874	10.126	2.44	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	406.617	8.383	2.02	Drop
19	ECR AC unit	100	405.704	9.296	2.24	Drop
20	electric stove	100	404.4175	10.5825	2.55	Drop
21	electric stove2	100	404.4175	10.5825	2.55	Drop
22	engine room fan-1	87.43	405.4965	9.5035	2.29	Drop
23	FIFI system	100	406.451	8.549	2.06	Drop
24	FO transfer pump	80.53	406.534	8.466	2.04	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	406.534	8.466	2.04	Drop
26	GS & fire pump	84.12	406.368	8.632	2.08	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	406.1605	8.8395	2.13	Drop
28	OBW. separator	82.18	403.2555	11.7445	2.83	Drop
29	power DB no.1	100	404.542	10.458	2.52	Drop
30	power DB no-2	100	405.704	9.296	2.24	Drop
31	power supply to ESB	100	405.123	9.877	2.38	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	405.787	9.213	2.22	Drop
33	Sludge pump	80.09	406.3265	8.6735	2.09	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	396.6985	18.3015	4.41	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	399.645	15.355	3.7	Drop
36	To Transformer 1	100	212.036	7.964	3.62	Drop

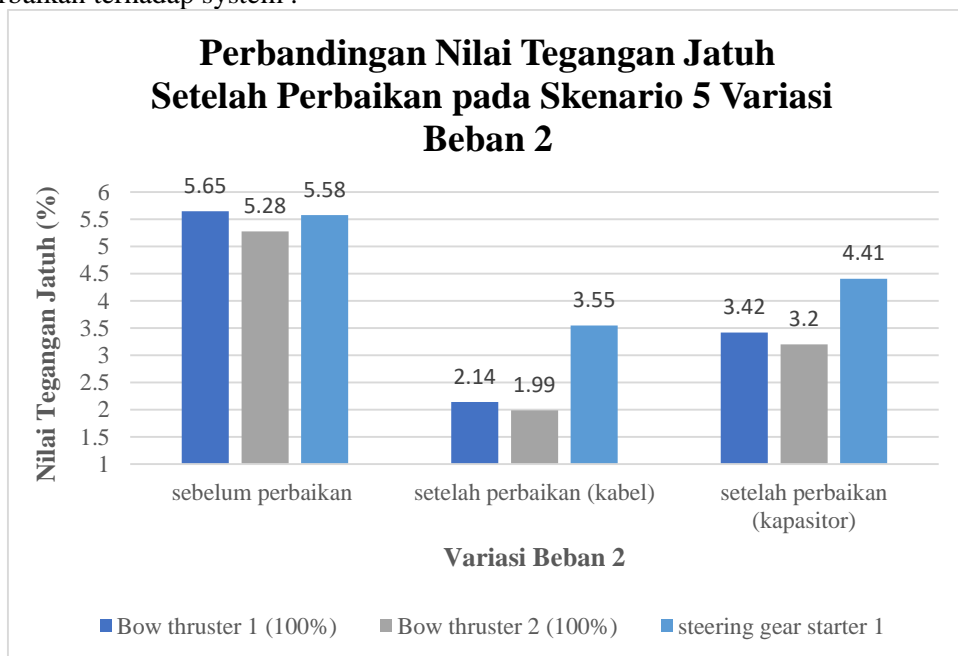
Dari gambar dan tabel hasil di atas dapat diperoleh hasil simulasi rangkaian setelah dilakukan upaya perbaikan, dapat diperoleh nilai arus, faktor daya, dan juga tegangan. Dapat

dilihat dari tabel diatas dampak upaya perbaikan tegangan jatuh kepada rangkaian sebelum beban listrik yaitu *bow thruster*. setelah penambahan kapasitor sebesar 702,91 KVAR nilai factor daya meningkat sekitar 3,7 % dari nilai sebelumnya sebesar 92.2% sehingga menjadi 96% kenaikan factor daya tersesbut mengakibatkan nilai arus yang mengalir pada rangkaian mengalami penurunan dari sebesar 881,7 menjadi 861,3. Nilai tegangan yang di terima oleh beban *bow thruster* mengalami peningkatan sebesar 12,91 Volt menjadi 408,7 Volt dengan kenaikan tegangan yang diterima oleh beban maka prosentase tegangan jatuh juga mengalami penurunan. Tegangan jatuh yang awalnya melewati batas toleransi IEC (+/- 5%) yaitu sebesar 5,65% turun menjadi 3,42% sehingga dapat dikatakan konfigurasi listrik tersebut sudah aman di operasikan karena tidak melebihi batas yang di tentukan oleh standard.

Karena, konfigurasi sistem suplai daya pada perbaikan tersebut merupakan konfigurasi *closed bus* sehingga, pemasangan kapasitor pada beban *bow thruster* mempengaruhi dan memperbaiki jatuh tegangan yang terjadi pada beban-beban listrik lainnya.

#### 4.12.3 Perbandingan perbaikan dengan pergantian kabel dan kapasitor

Terdapat dua jenis perbaikan yang dapat dilakukan terhadap sistem pada konfigurasi *closed bus* (dua *generator thruster* dan satu *diesel generator*) untuk suplai dua buah *bow thruster* variasi beban 100% dan seluruh beban listrik pada mode *manouvering*. Yaitu dengan penggantian kabel atau penambahan kapasitor. Berikut grafik di bawah menunjukan perbandingan nilai tegangan jatuh setelah dilakukan perbaikan terhadap system :



Grafik 4. 7 Perbandingan nilai tegangan jatuh setelah perbaikan pada skenario 5 variasi beban 2

Tabel 4. 69 perbandingan nilai tegangan jatuh setelah perbaikan pada skenario 5 variasi beban 2

No.	Peralatan Listrik dengan tegangan jatuh diatas standar IEC	Nilai Tegangan Jatuh %		
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan	
			Penggantian kabel	Penambahan kapasitor
1	Bow thruster 1	5.65	2,14	3,42
2	Bow thruster 2	5.28	1,99	3,2
3	Steering gear starter 1	5.58	3,55	4,41

Dari tabel diatas ditunjukkan perubahan nilai tegangan jatuh pada *bow thruster 1*, terjadi penurunan tegangan jatuh sebesar 3,51% setelah penggantian kabel dan mengalami penurunan sebesar 2,23% setelah penambahan kapasitor. Kemudian pada *bow thruster 2*, terjadi penurunan tegangan jatuh sebesar 3,29% setelah penggantian kabel dan mengalami penurunan sebesar 2,08% setelah penambahan kapasitor. Kemudian pada *steering gear starter 1*, terjadi penurunan tegangan jatuh sebesar 2,03% setelah penggantian kabel dan mengalami penurunan sebesar 1,17% setelah penambahan kapasitor. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa penurunan tegangan jatuh yang lebih besar terjadi pada perbaikan dengan penggantian kabel disbanding dengan penambahan beban kapasitif dari kapasitor. Penyebab perubahan nilai tegangan jatuh yang lebih rendah pada perbaikan dengan kapasitor dikarenakan kabel masih dalam kondisi *overload*.

Dari aspek teknis perbaikan dengan penggantian kabel pengaplikasiannya akan lebih rumit, memerlukan SDM lebih banyak dan memerlukan waktu lebih lama, karena harus melepas seluruh kabel bermasalah yang sudah terhubung atau tertanam pada struktur kapal tersebut. Sedangkan, perbaikan dengan penambahan kapasitor cukup mengaplikasikan penambahan kapasitor sesuai dengan jumlah yang di tentukan kepada bus yang mengalami tegangan jatuh.

Dari aspek ekonomis perbaikan dengan penggantian kabel akan memakan biaya lebih besar dikarenakan, penggantian kabel yang tertanam pada kabel memungkinkan kapal harus docking atau repair pada dermaga selama beberapa waktu, dengan begitu terjadi pengurangan *income* saat kapal berhenti bekerja, sedangkan untuk kapasitor biaya pengeluaran mungkin juga cukup besar karena besarnya kapasitas kapasitor yang di butuhkan, namun karena penambahan kapasitor tidak memerlukan waktu yang cukup lama sehingga kapal memungkinkan untuk sandar hanya sehari saja atau mungkin tidak diperlukan sandar pada dermaga galangan.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan analisis tegangan jatuh dengan berbagai skenario konfigurasi serta variasi beban pada kapal AHTS BNI Castor, berdasarkan hasil simulasi *load flow analysis* pada perangkat lunak *software simulation* maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Tegangan jatuh terjadi pada semua beban peralatan listrik pada seluruh konfigurasi suplai daya dan seluruh variasi beban. Tegangan jatuh yang tidak melewati standar hanya terjadi pada skenario 4 *closed bus (dua generator thruster + dua diesel genartor)* hal ini dikarenakan konfigurasi ini menerima suplai daya terbesar. Kemudian, tegangan jatuh yang melewati standar hanya terjadi pada skenario 1,2,3,5, dan 6. pada variasi beban tertentu. Nilai tegangan jatuh yang melewati standar IEC (+/- 5%) dapat dilihat pada Tabel 4.64 Rangkuman nilai tegangan jatuh yang melewati standar tegangan jatuh pada setiap skenario konfigurasi
2. Pengurangan suplai daya dapat dilakukan pada konfigurasi *closed bus* seperti pada skenario 3 (satu *generator thruster*), skenario 5 (*dua generator thruster + satu diesel generator*), dan skenario 6 (*satu generator thruster + dua diesel generator thruster*). namun timbul tegangan jatuh pada variasi beban seperti pada tabel diatas. Sehingga perlu dilakukan perbaikan pada variasi beban tersebut. Setelah dilakukannya perbaikan konfigurasi skenario 3 dapat dioperasikan hingga variasi beban 70%, skenario 5 dan 6 dapat dioperasikan hinggavariasi beban 100%. Pengurangan jumlah generator akan meningkatkan efisiensi generator yang beroperasi serta mengurangi emisi yang dihasilkan.
3. Terdapat dua metode perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki nilai tegangan jatuh, Metode perbaikan diterapkan pada skenario 5. Perbaikan dengan pergantian kabel, kabel diubah dari ukuran 120 mm menjadi 400 mm. Upaya ini meminimalkan tegangan jatuh yang terjadi pada *bow thruster 1* 5,65 % turun menjadi 2,14 %, *bow thruster 2* dari 5,28% turun menjadi 1,99%, dan *steering gear starter 1* dari 5,58% turun menjadi 3,55%. Kemudian perbaikan dengan metode penambahan kapasitor diterapkan pada bus beban *bow thruster 1 dan 2*, masing-masing sebesar 703 KVAR. Upaya ini meminimalkan tegangan jatuh yang terjadi pada *bow thruster 1* 5,65 % turun menjadi 3,42 %, *bow thruster 2* dari 5,28% turun menjadi 3,2%, dan *steering gear starter 1* dari 5,58% turun menjadi 4,41%.

## 5.2 Saran

Dalam pengerjaan penelitian analisis tegangan jatuh pada Kapal AHTS BNI Castor penulis menghadapi beberapa kendala yang menjadi hambatan dalam penyelesaian penelitian ini. Maka dari itu berikut merupakan saran – saran yang perlu dipertimbangkan apabila ingin mengembangkan penelitian ini agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

1. Data variasi beban pada setiap konfigurasi sebaiknya menggunakan data dari log book *dynamic positioning*, agar hasil yang didapatkan mendekati kondisi sebenarnya
2. Melakukan upaya perbaikan tegangan jatuh dengan metode lain.
3. Dilakukan analisis lebih lanjut dalam pemilihan perbaikan dengan penambahan kapasitor atau penggantian kabel, baik dari aspek teknis maupun ekonomisnya.

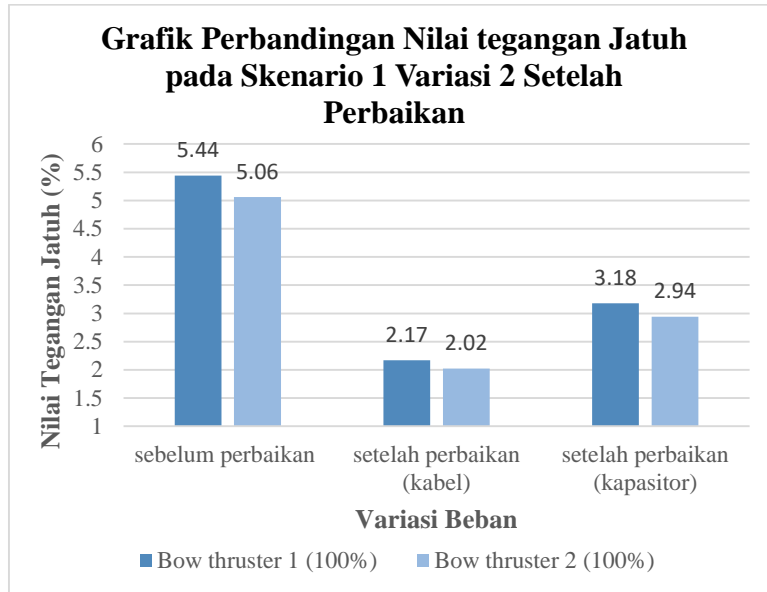
## DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping, 2013. Guide for Dynamic Positioning Systems.
- Arbi, S., 2017. Analisis Stabilitas Tegangan dan Frekuensi pada Microgrid AC Terhubung DG pada Mode Grid Connected dan Islanding. Fak. Teknol. Elektro Inst. Teknol. Sepuluh Nop.
- Asy'ari, H., 2011. Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rekonfigurasi Beban pada Panel Utama Prambanan 5.
- Berlianti, R., 2015. Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi. J. Nas. Tek. Elektro 4, 110–119. <https://doi.org/10.20449/jnte.v4i1.135>
- Dharamjit, D.K, T., 2012. Load Flow Analysis on IEEE 30 bus System 2, 6.
- Erhaneli, A.R., 2013. Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan Pada SUTM 20 kV Feeder Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci.docx.
- Herdzik, J., 2013. Problems of propulsion systems and main engines choice for offshore support vessels 6.
- Hermanto, Farid, sukmedi, 2013. Analisis Jatuh Tegangan dan Arus Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah PT RUM.docx.
- Holvik, J., 1998. Basics of Dynamic Positioning. Presented at the Dynamic Positioning Conference, Dynamic Positioning Comitee, houston, p. 10.
- Li, T., 2013. DP systems for offshore vessel positioning in deep water. Fac. Sci. Technol. Univ. Stavanger.
- Lloyd registers, 1994. MSC-Circ.645.pdf.
- marine technology comitee, 2012. DP Vessel Design Philosophy Guidelines.
- marine technology comitee, marine technology comitee, 2012. dp\_tech\_committee\_dpguidance\_part1.pdf.
- Multa, L., Prima A, R., 2013. Modul Pelatihan ETAP.
- ranu, henry, 2007. Elektronika Dasar, Arus dan Tegangan Listrik.
- Roa, M., 2016. Demonstration of fault ride through capability for closed bus operation on dynamic positioning vessels. IEEE, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1109/PCICON.2016.7589234>
- Sumanto, 1995. Motor Listrik Arus Bolak Balik.docx. jakarta.
- Sutisna S, E., Mulyatno, I.P., Jokosisworo, S., 2017. Analisa Kekuatan Struktur Main Deck Sebagai Penumpu Towing Winch Pada Kapal OSV. Go Perseus Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga.
- Wahyudianto, M.F., Sarwito, S., Kurniawan, A., 2016. Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik di Kapal Penumpang dengan Menggunakan Metode Simulasi. Fak. Teknol. Kelaut. Inst. Teknol. Sepuluh Nop. 5, 5.
- wahyudy, F.R., Sarwito, S., Kurniawan, A., 2016. Analisis Arus Starting Transformator Pada Pengoperasian Container Crane di Pelabuhan.docx.

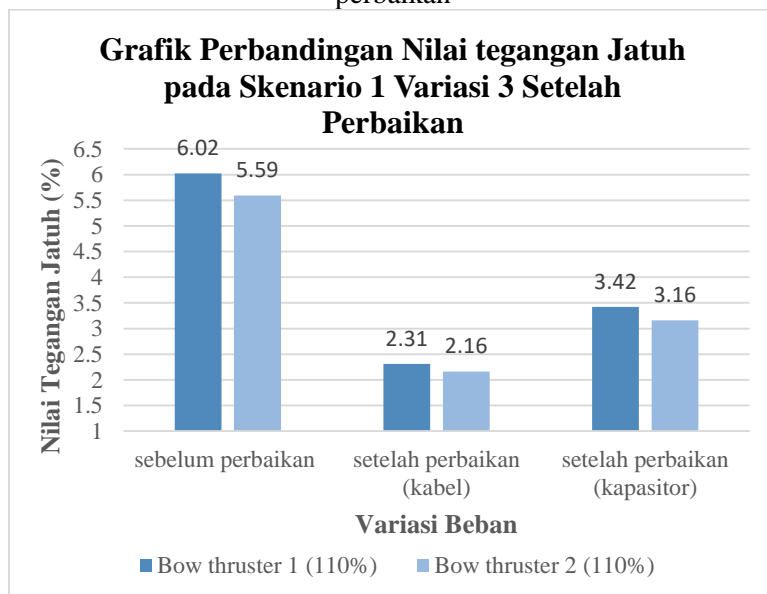
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN

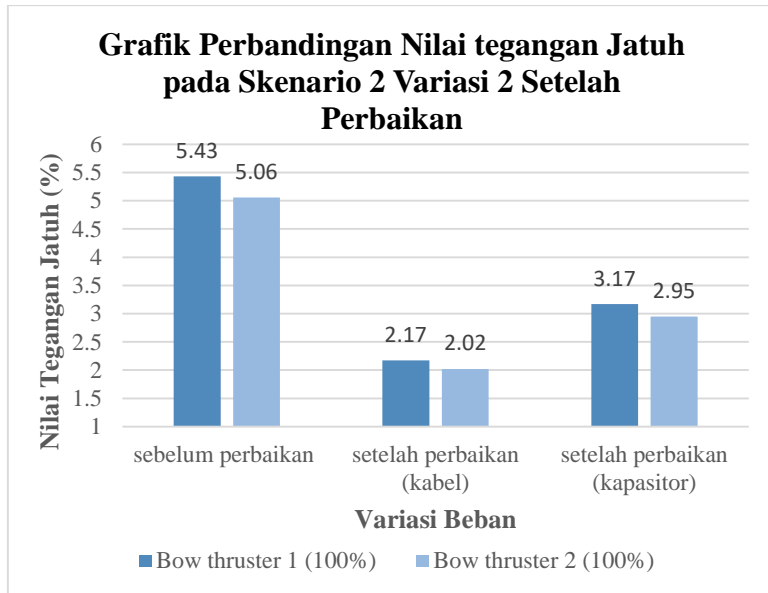
- A. Grafik perebandingan perbaikan tegangan jatuh pada setiap skenario di setiap variasi beban yang mengalami tegangan jatuh melewati standar yang di tentukan.



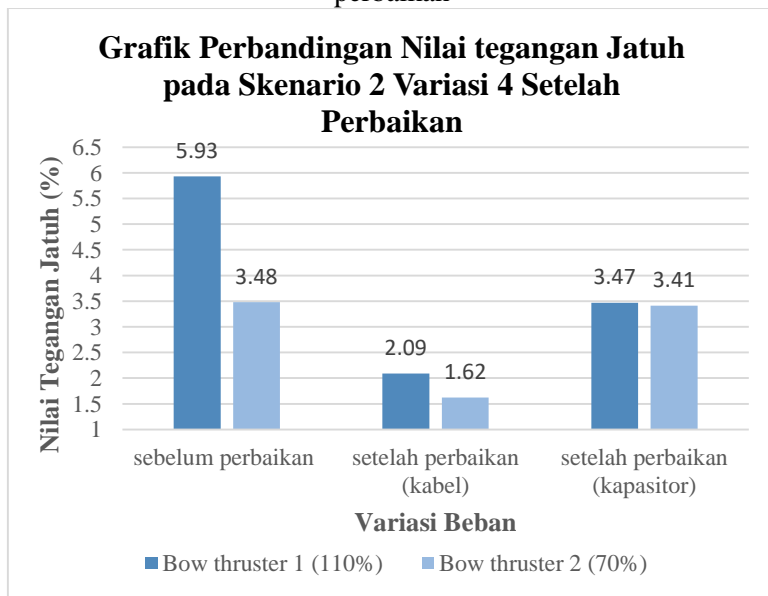
Grafik 4. 8 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 1 variasi beban 2 setelah perbaikan



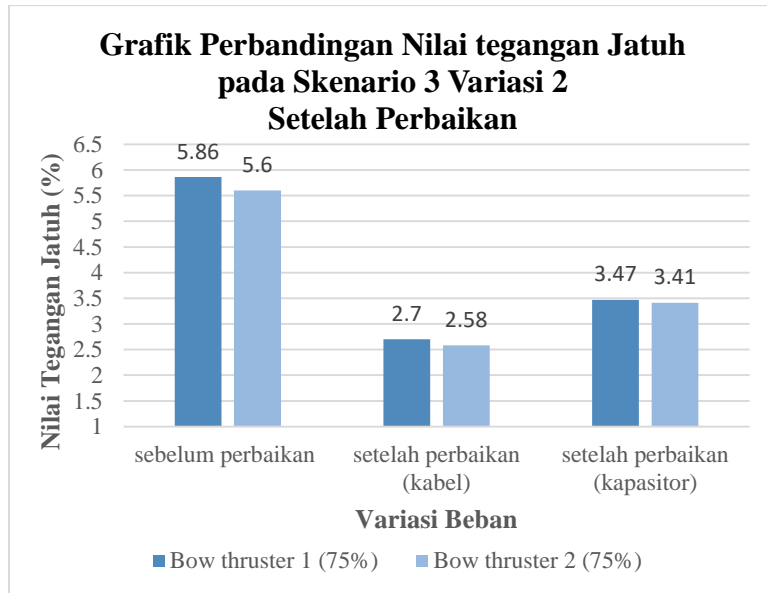
Grafik 4. 9 Perbandingan nilai tegangan jatuh pada skenario 1 variasi beban 3 setelah perbaikan



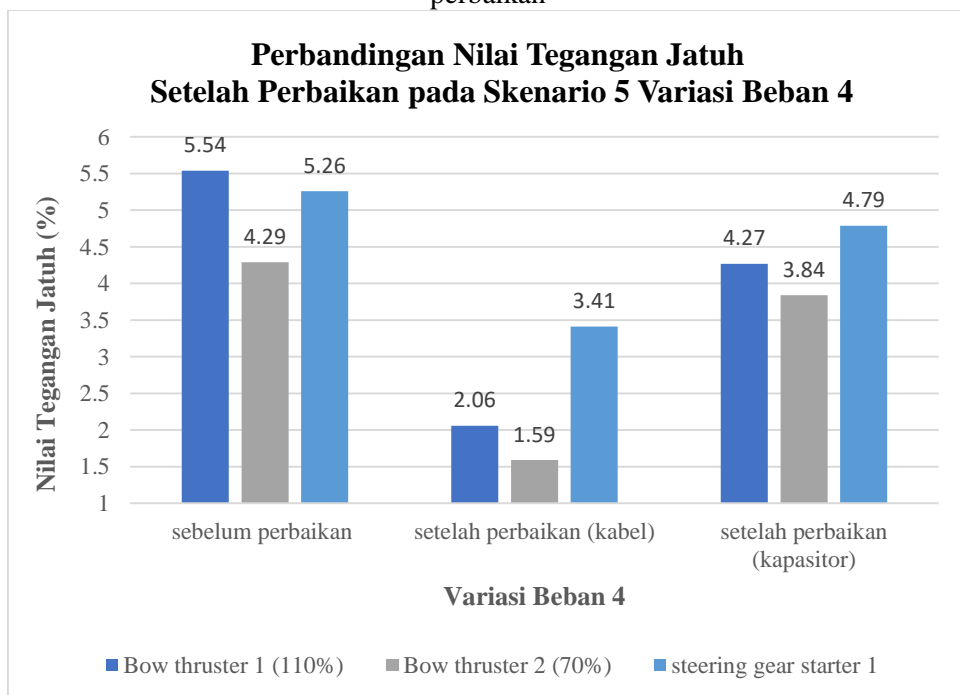
Grafik 4. 10 Perbandingan nilai tegngan jatuh pada skenario 2 variasi beban 2 setelah perbaikan



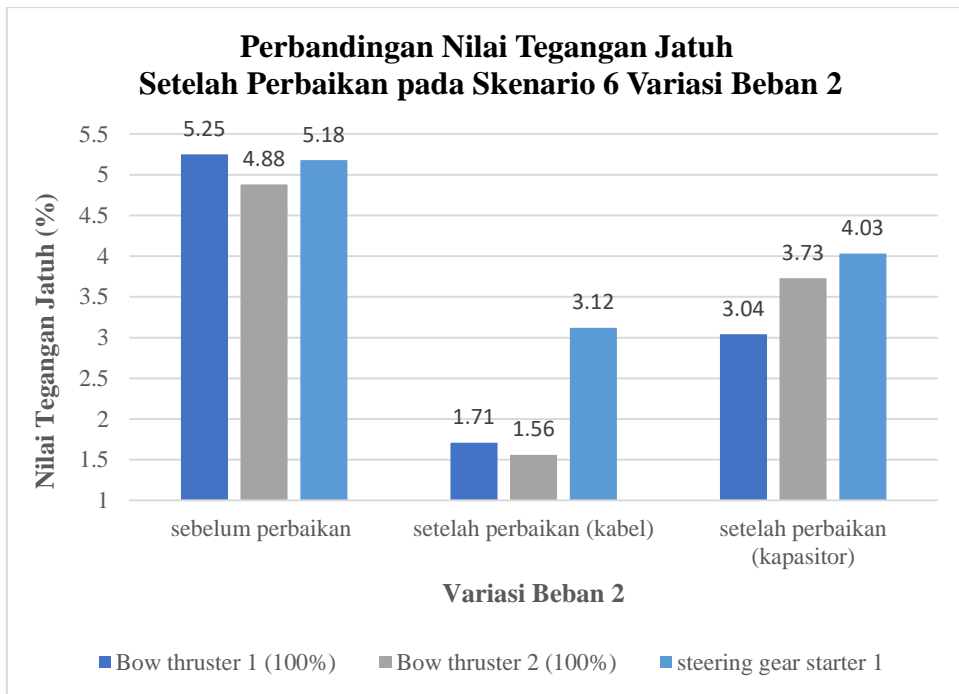
Grafik 4. 11 Perbandingan nilai tegngan jatuh pada skenario 2 variasi beban 4 setelah perbaikan



Grafik 4. 12 Perbandingan nilai tegngan jatuh pada skenario 3 variasi beban 2 setelah perbaikan



Grafik 4. 13 Perbandingan nilai tegngan jatuh pada skenario 5 variasi beban 4 setelah perbaikan



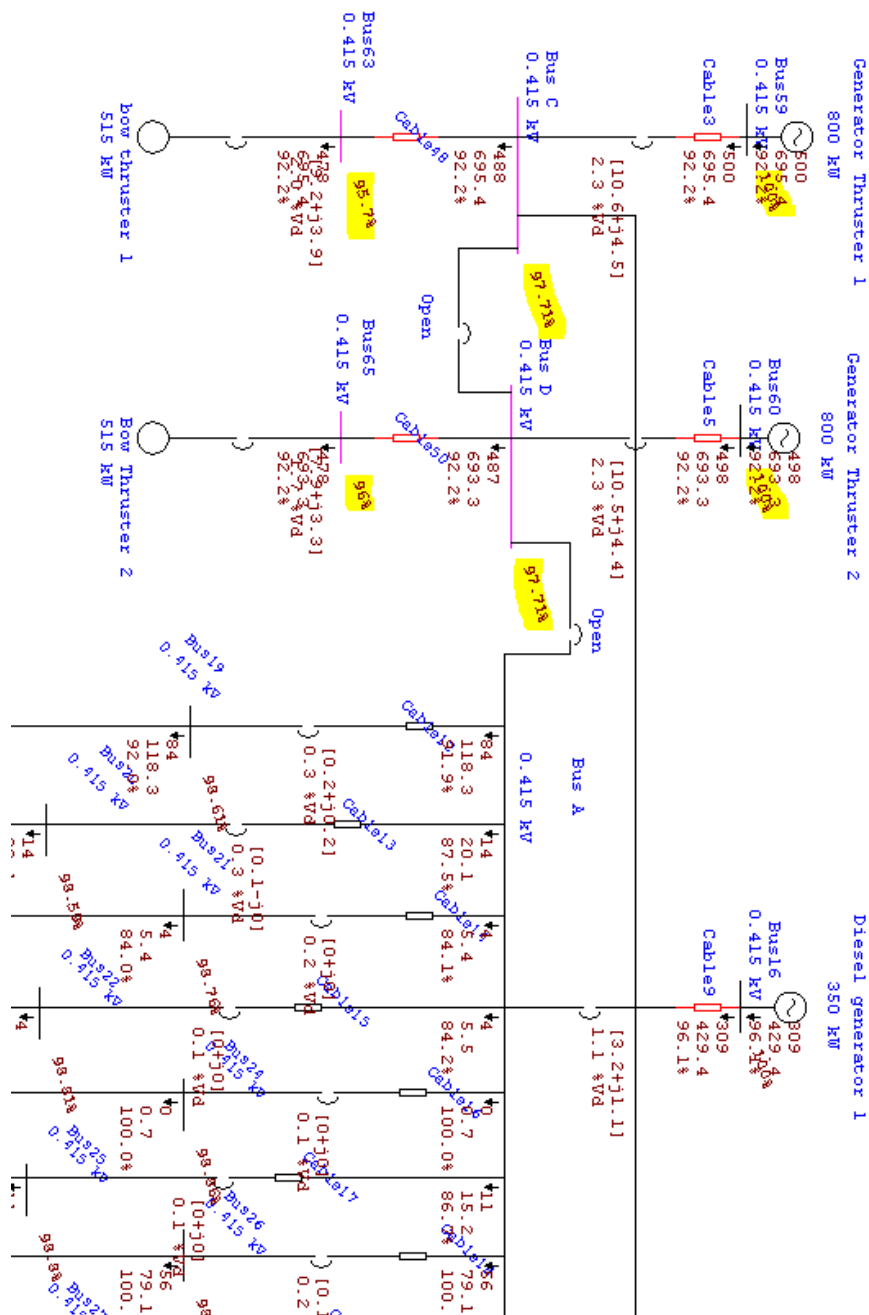
Grafik 4. 14 Perbandingan nilai tegngan jatuh pada skenario 6 variasi beban 2 setelah perbaikan

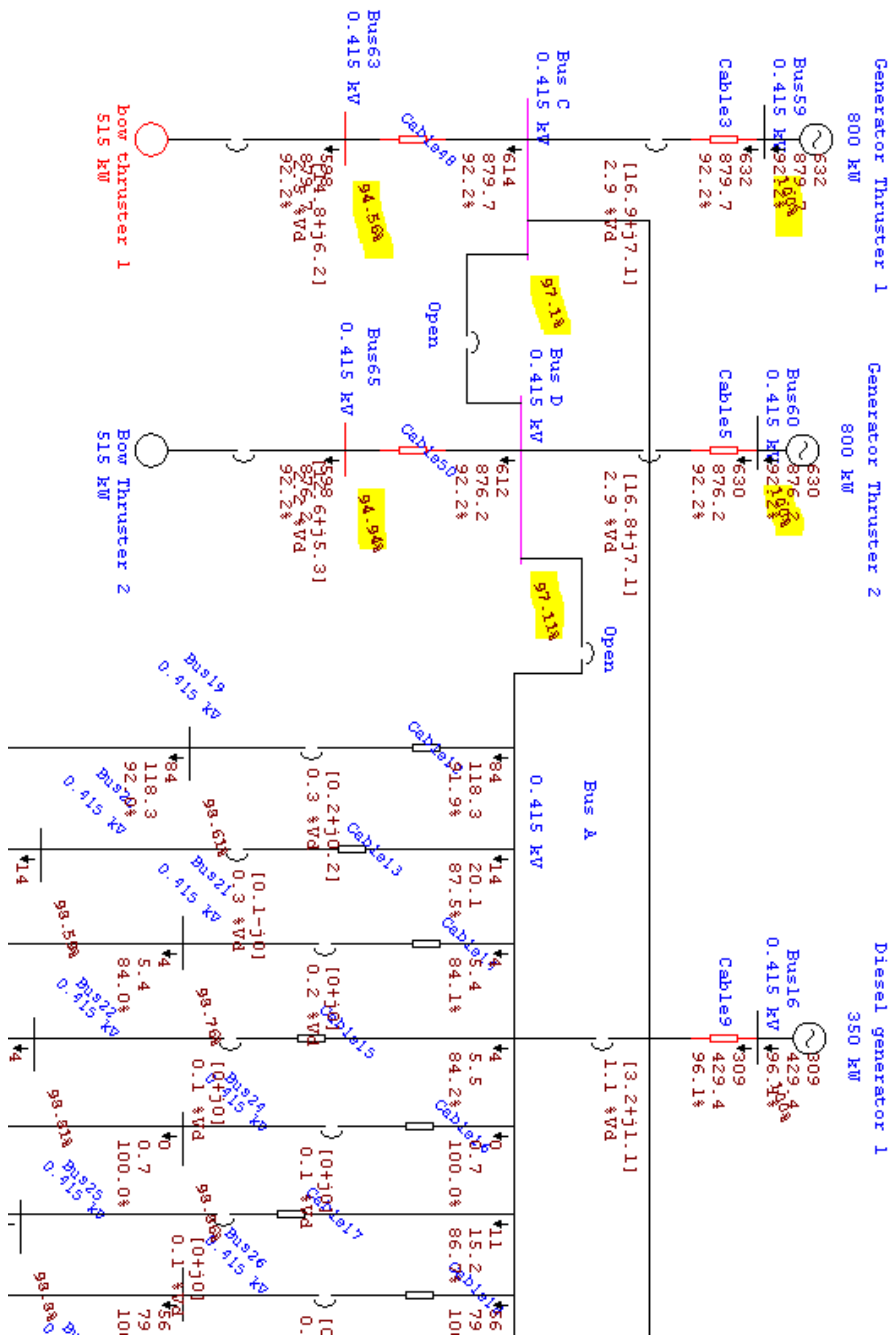


### B. Hasil simulasi seluruh skenario pada tampilan software simulasi

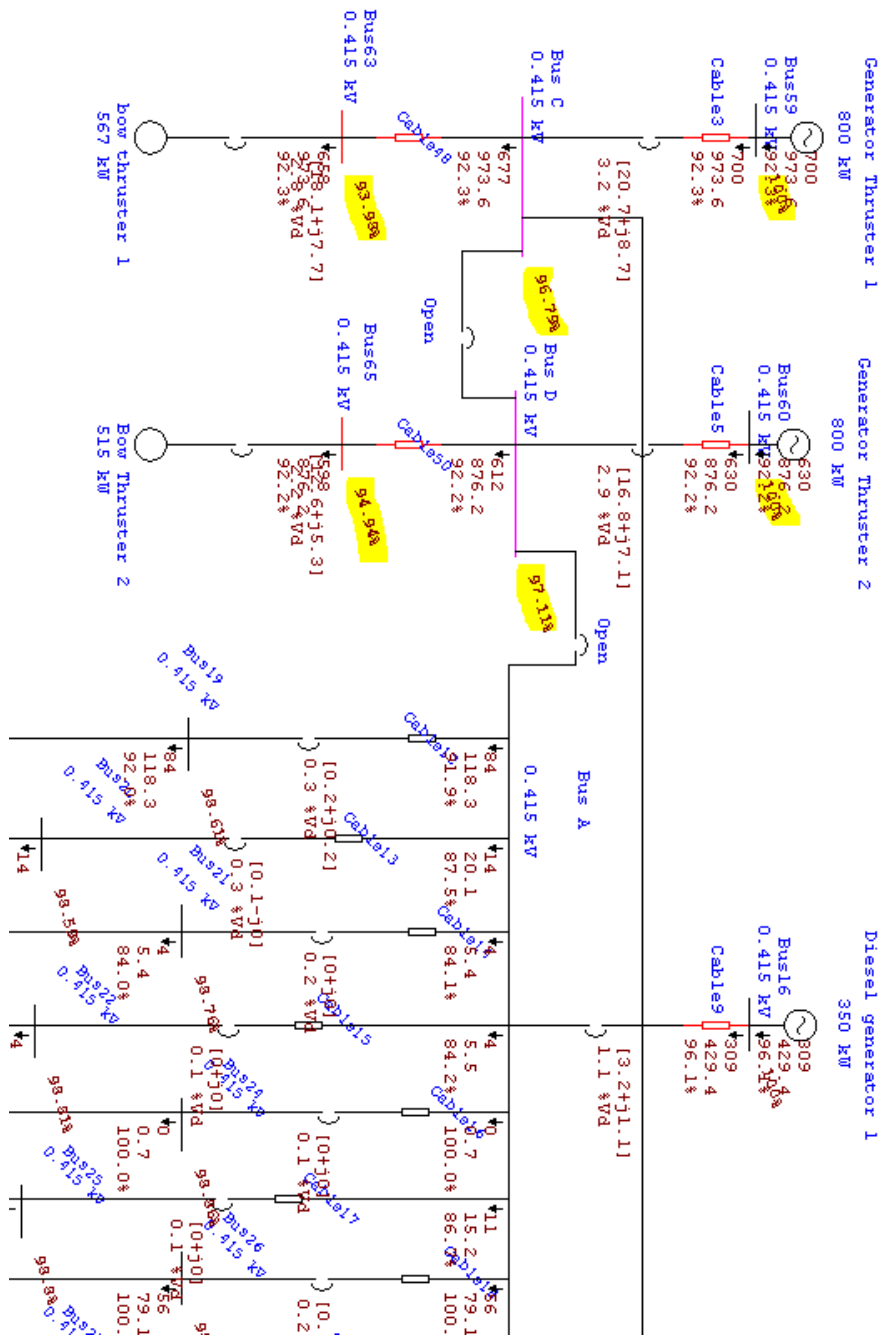
### B-1 Hasil simulasi skenario 1-6 Sebelum perbaikan

- Scenario 1 variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 pada *load* 80%

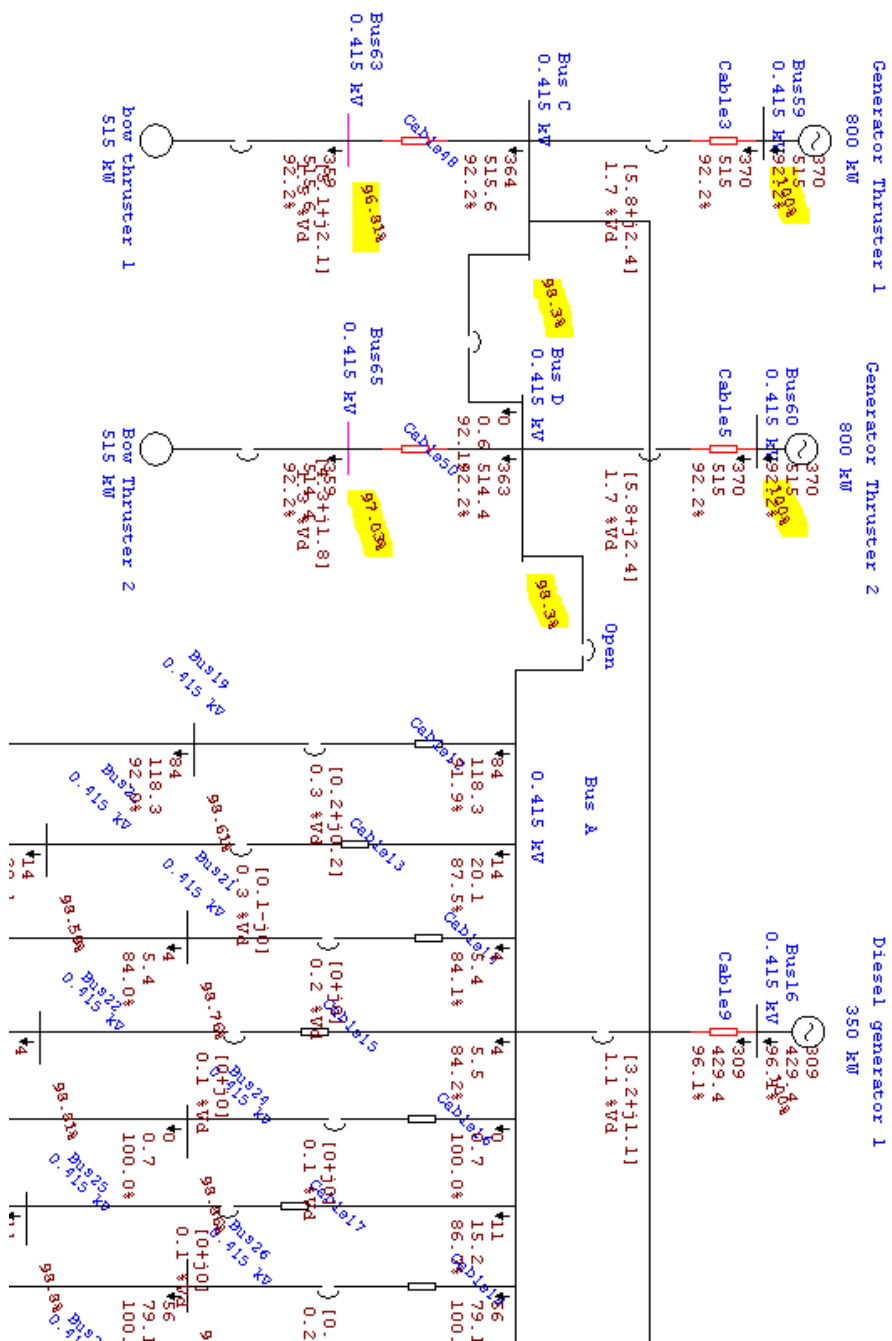




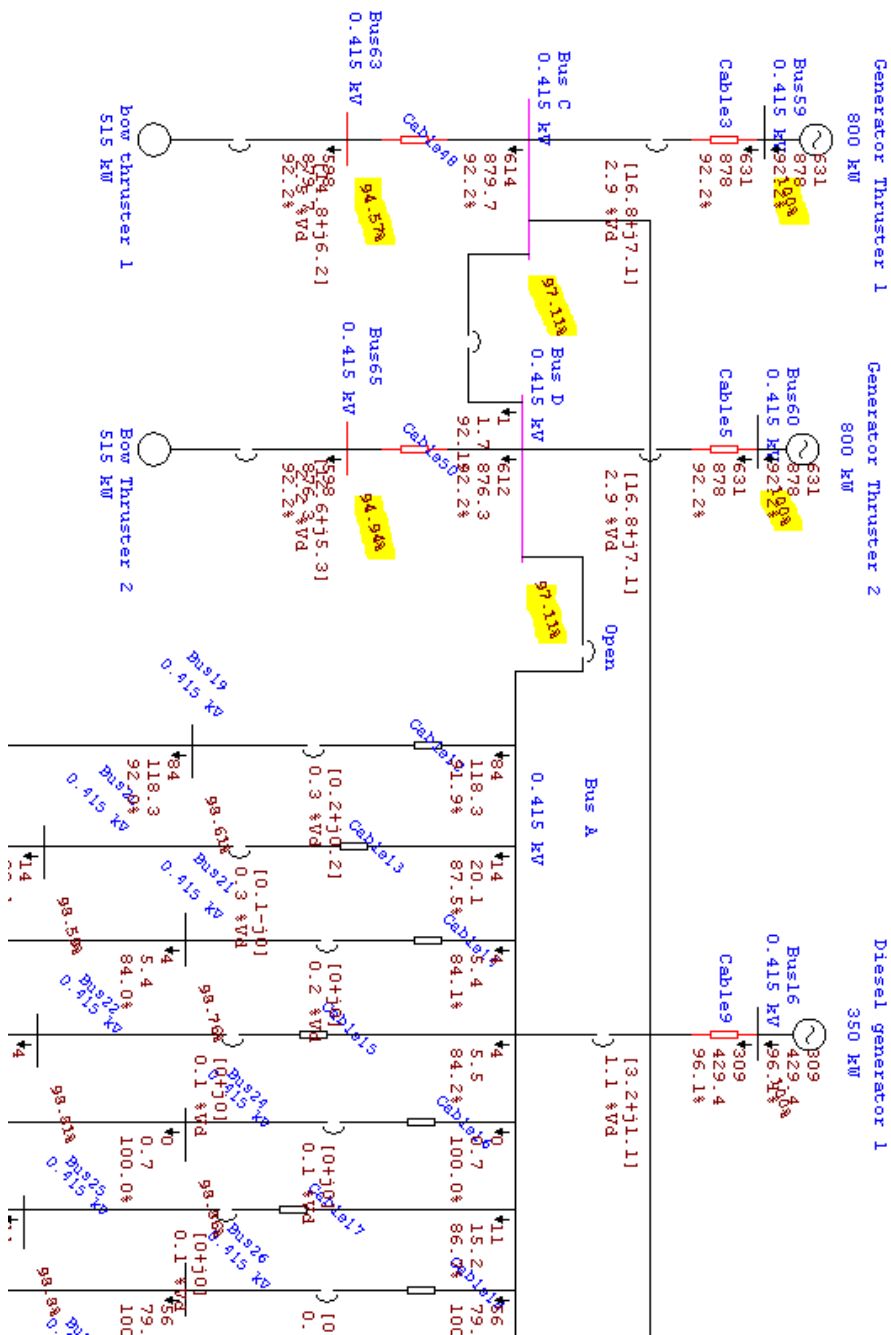
- Scenario 1 variasi beban 3, *bow thruster* 1 dan 2 pada load 110%,



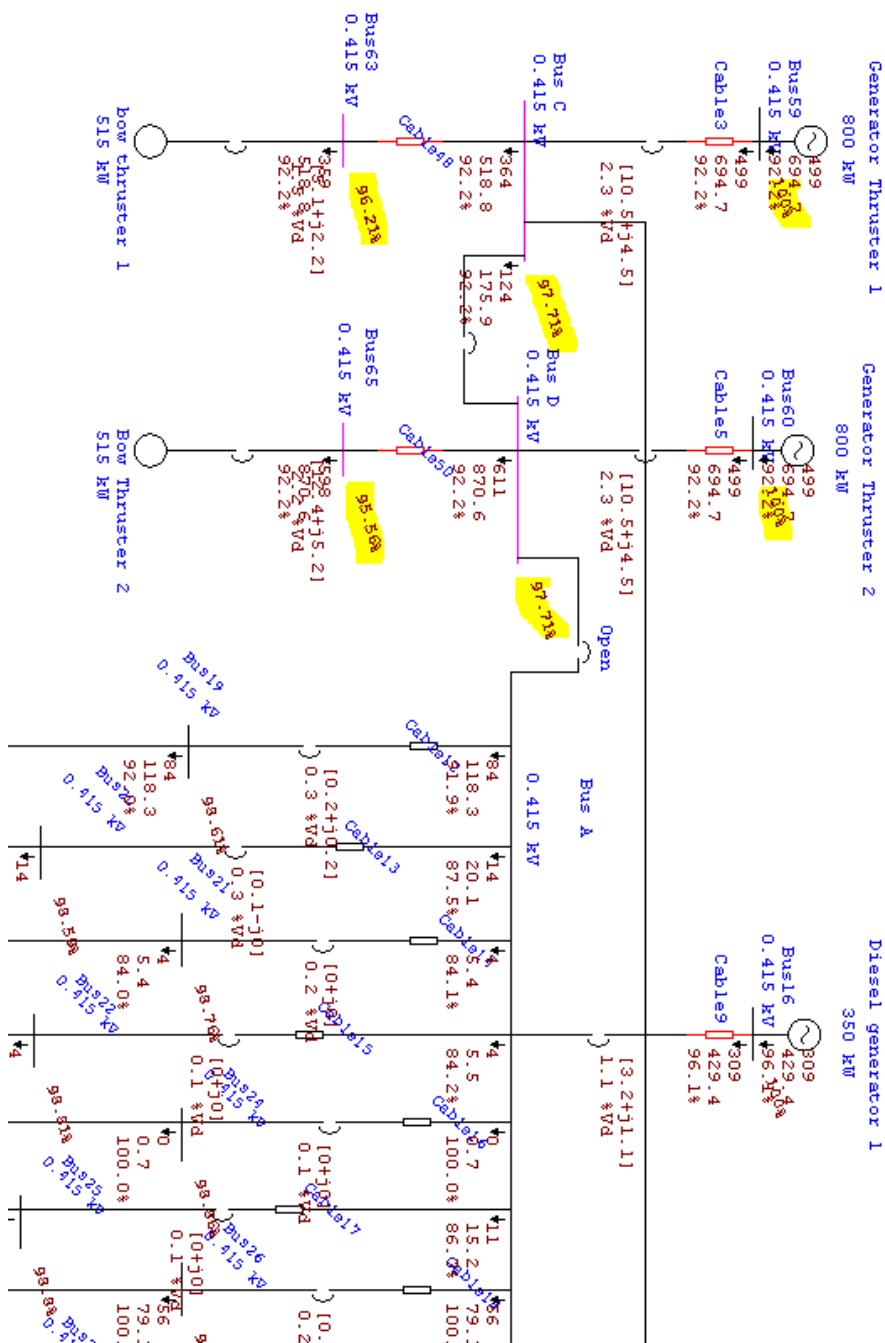
- Scenario 2 variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 pada *load* 60%



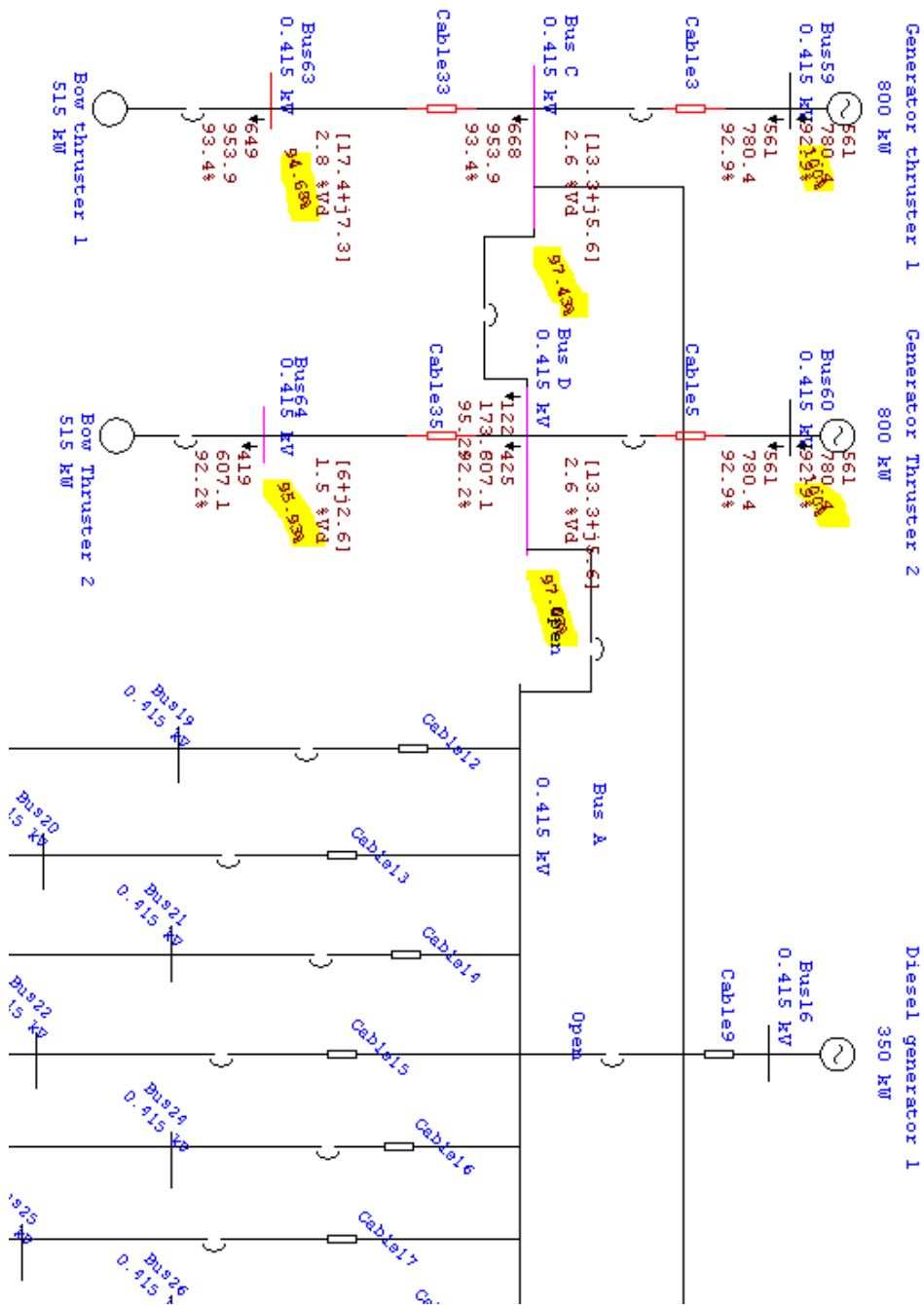
- Scenario 2 variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 pada *load* 100%



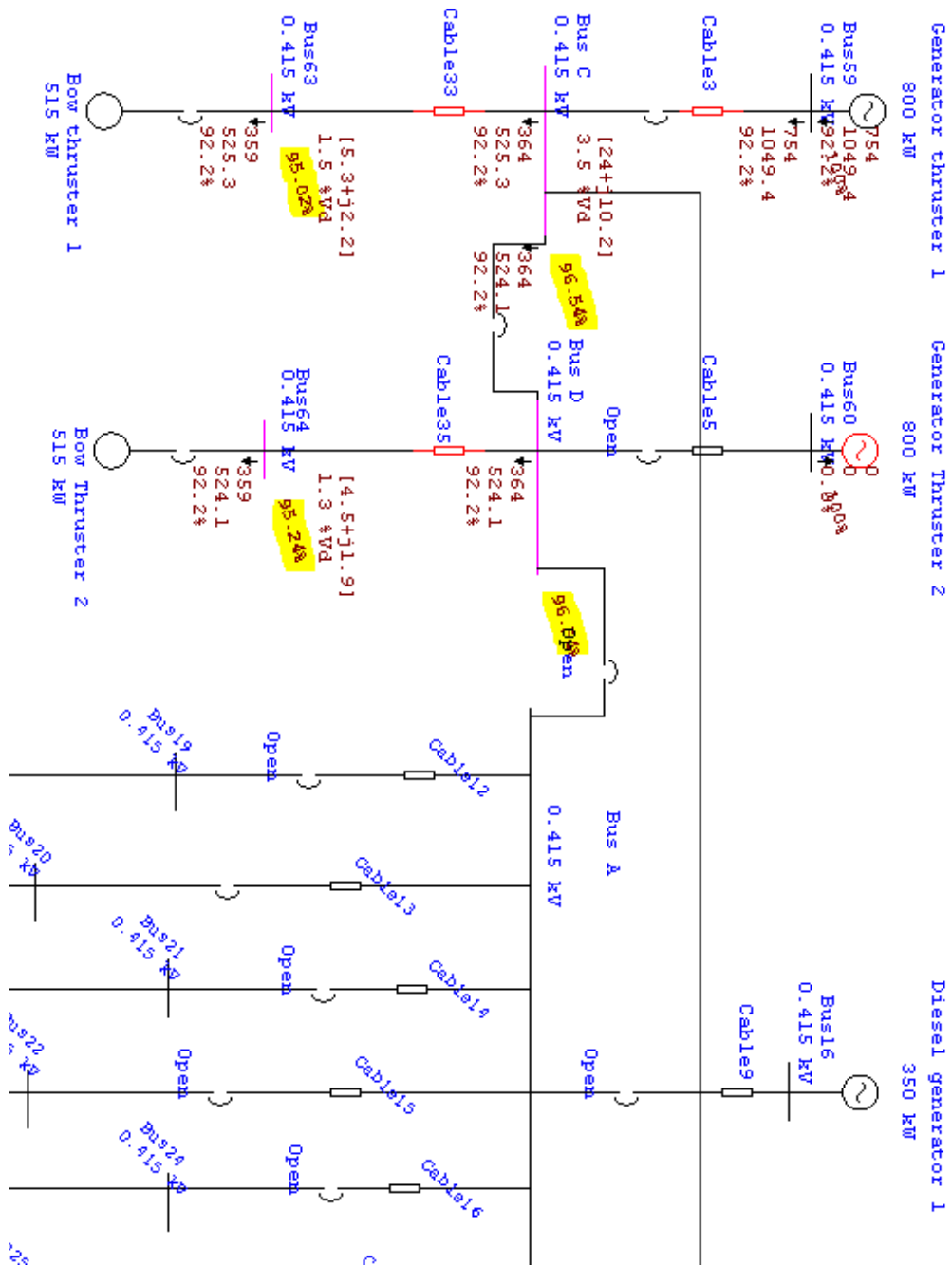
- Scenario 2 variasi beban 3, *bow thruster 1 load 60%* dan *bow thruster 2 load 100%*



- Scenario 2 variasi beban 4, *bow thruster 1 load 110%* dan *bow thruster 2 load 70%*

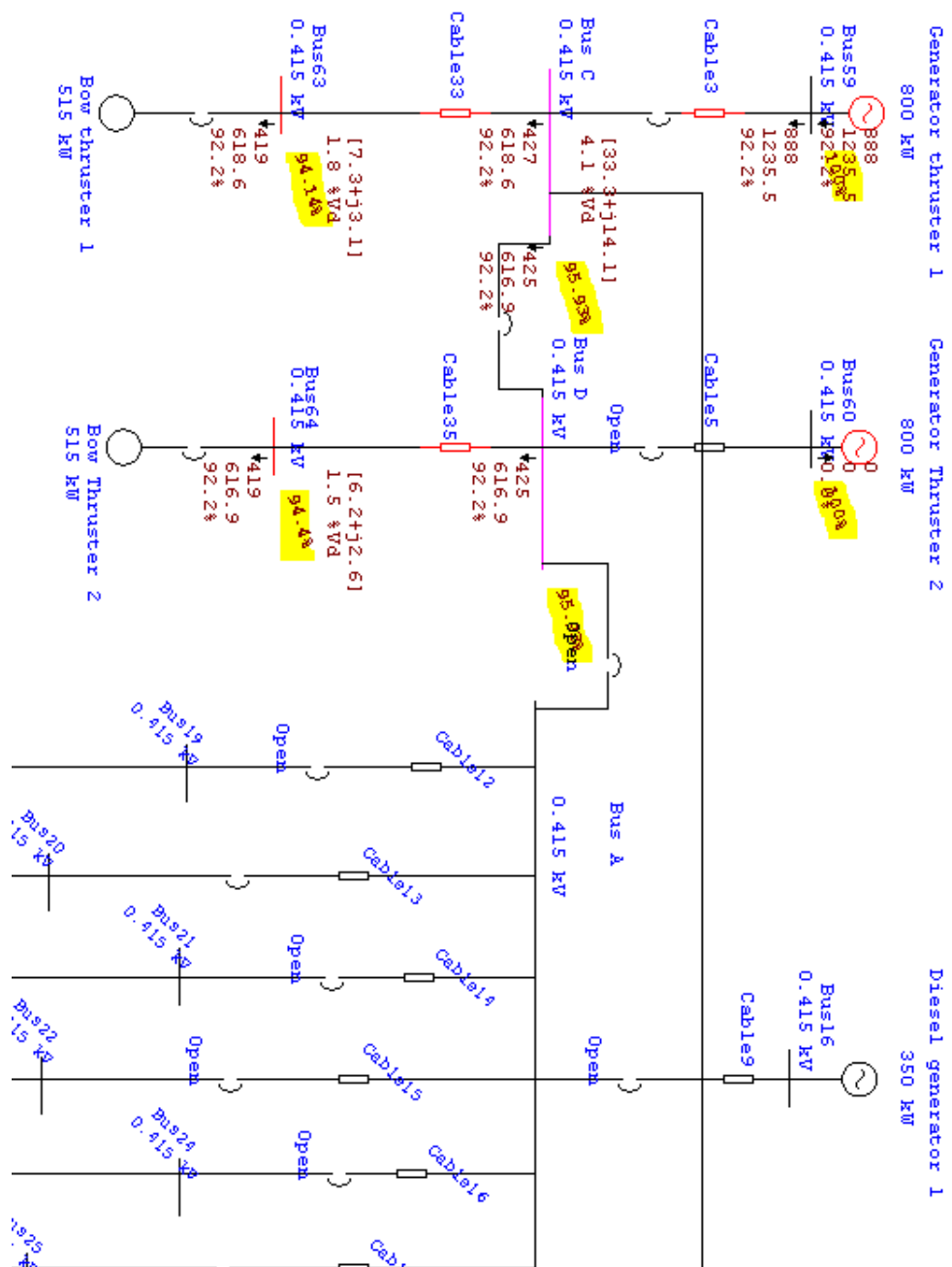


- Scenario 3 variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 load 60%

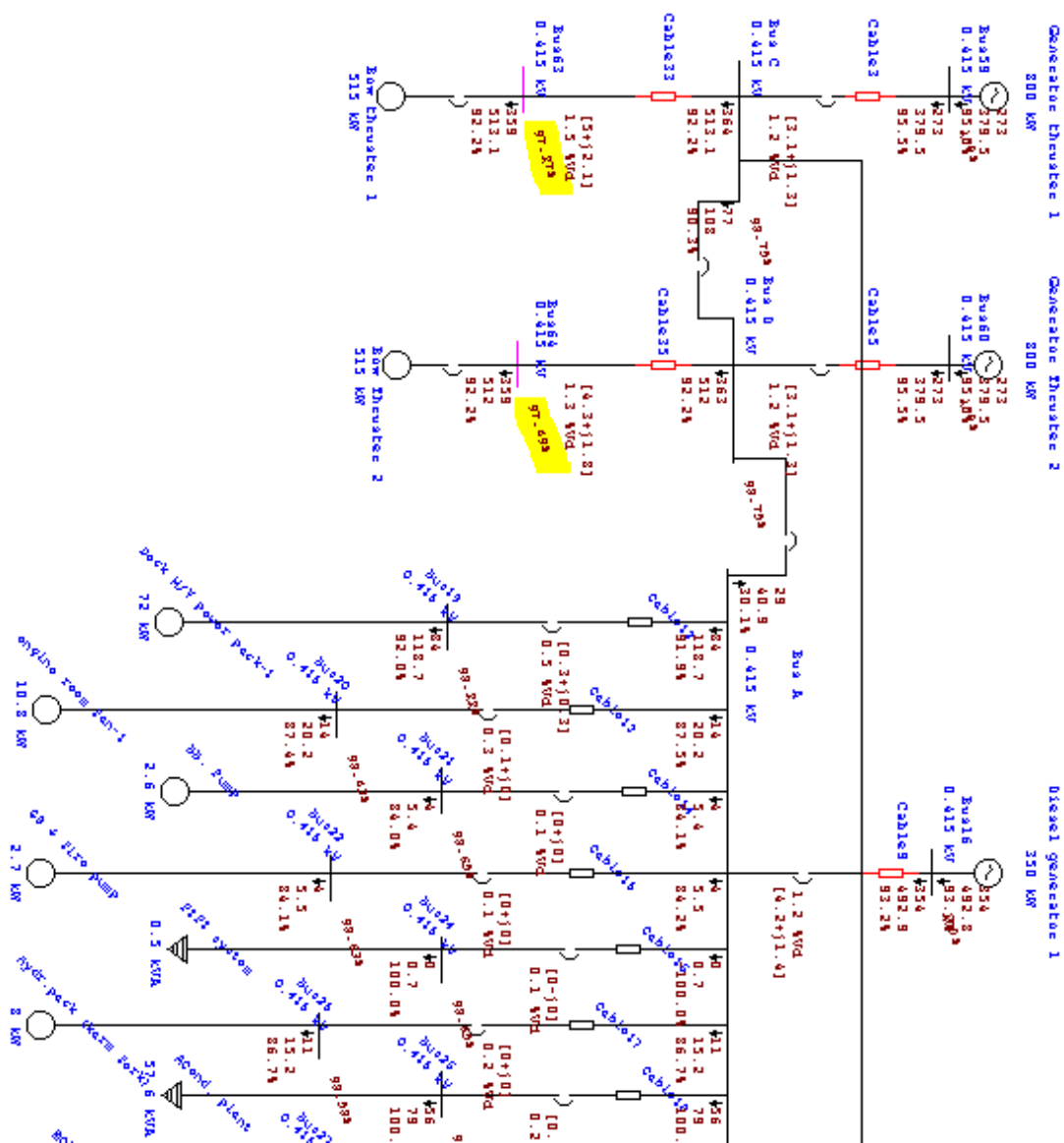


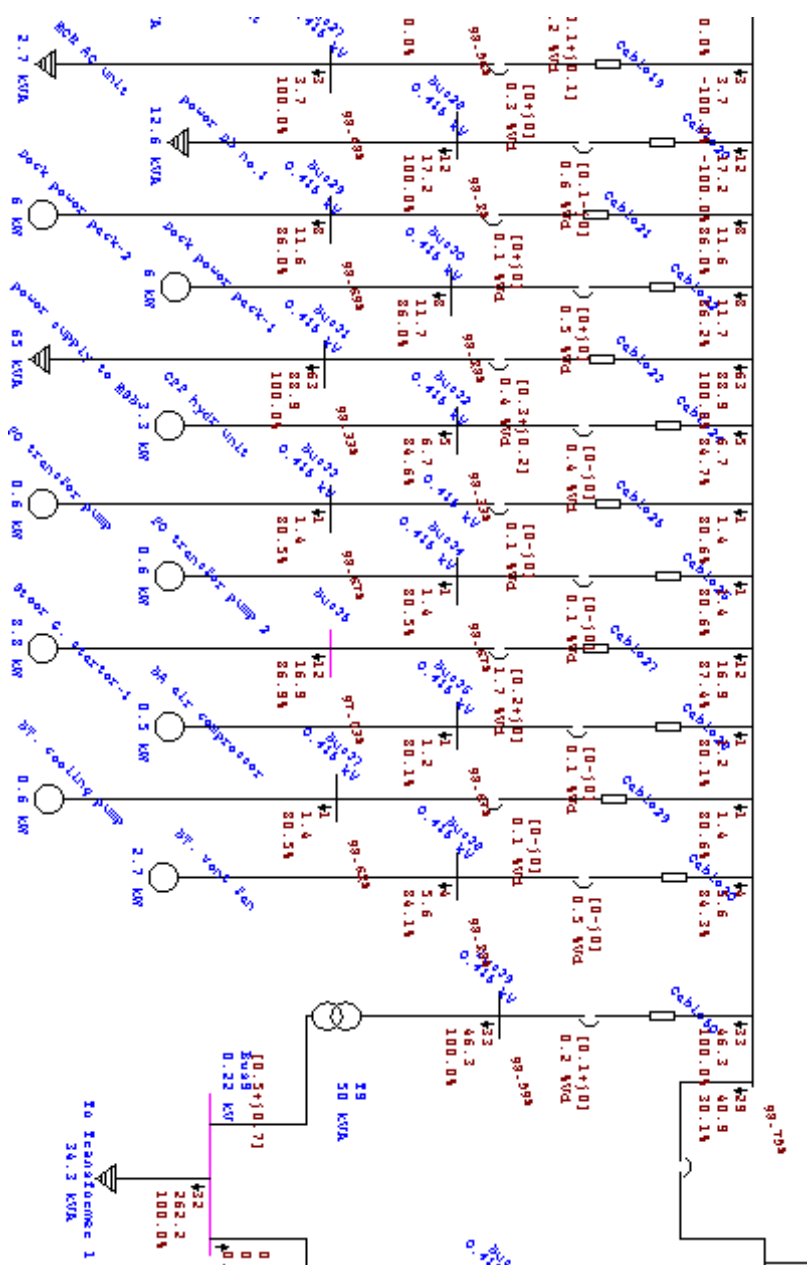


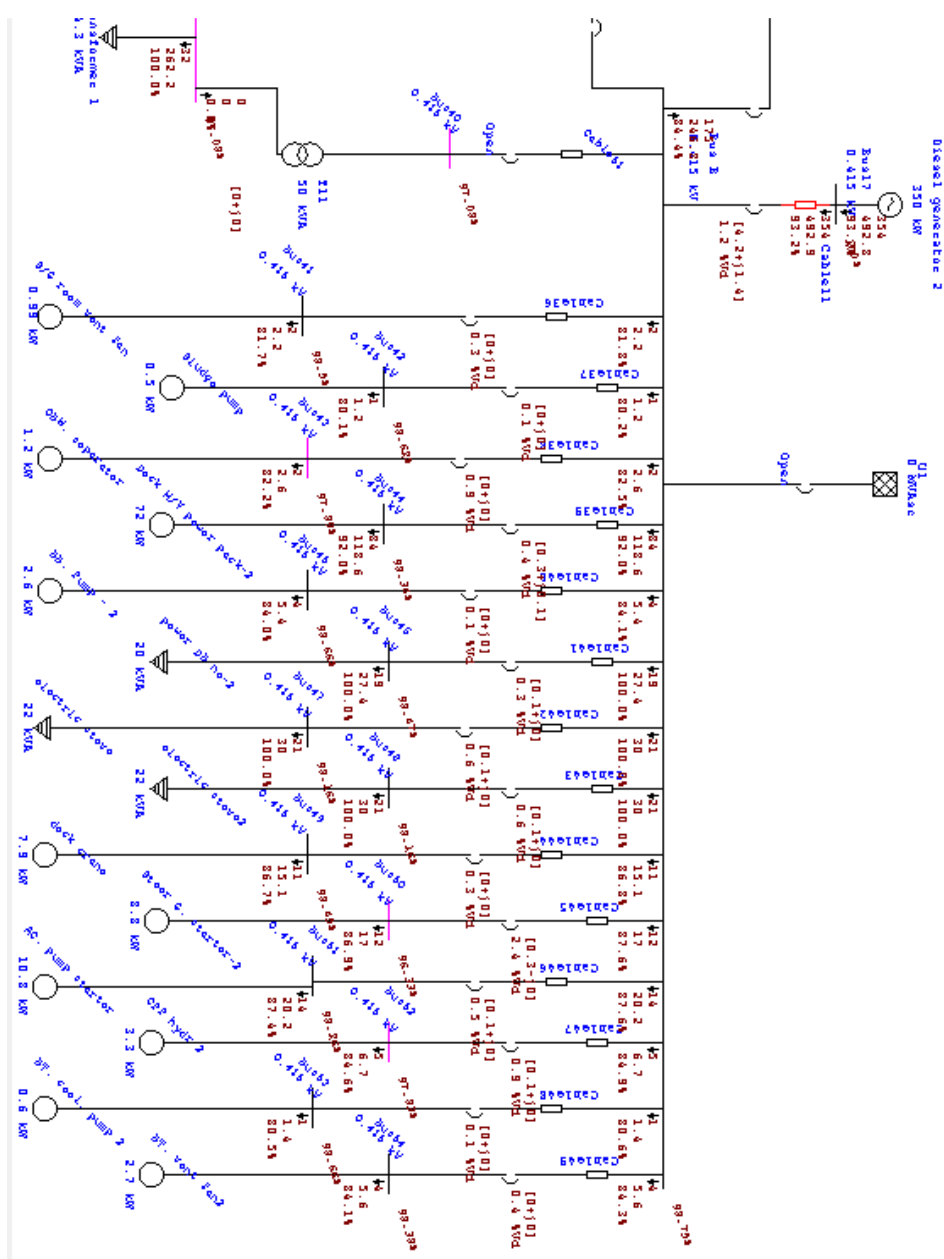
- Scenario 3 variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 load 70%



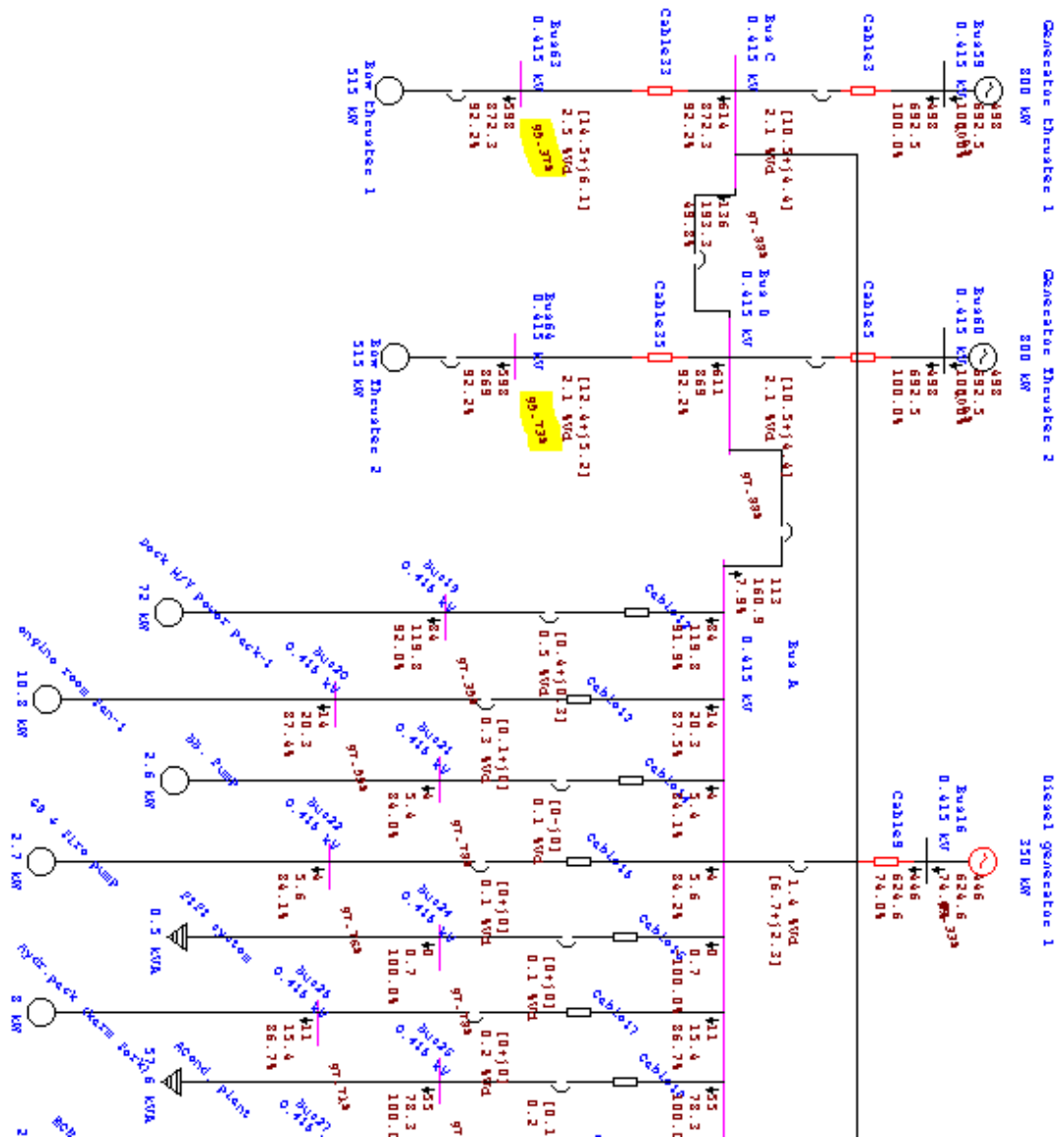
- Scenario 4 variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 pada load 60% + beban listrik kapal

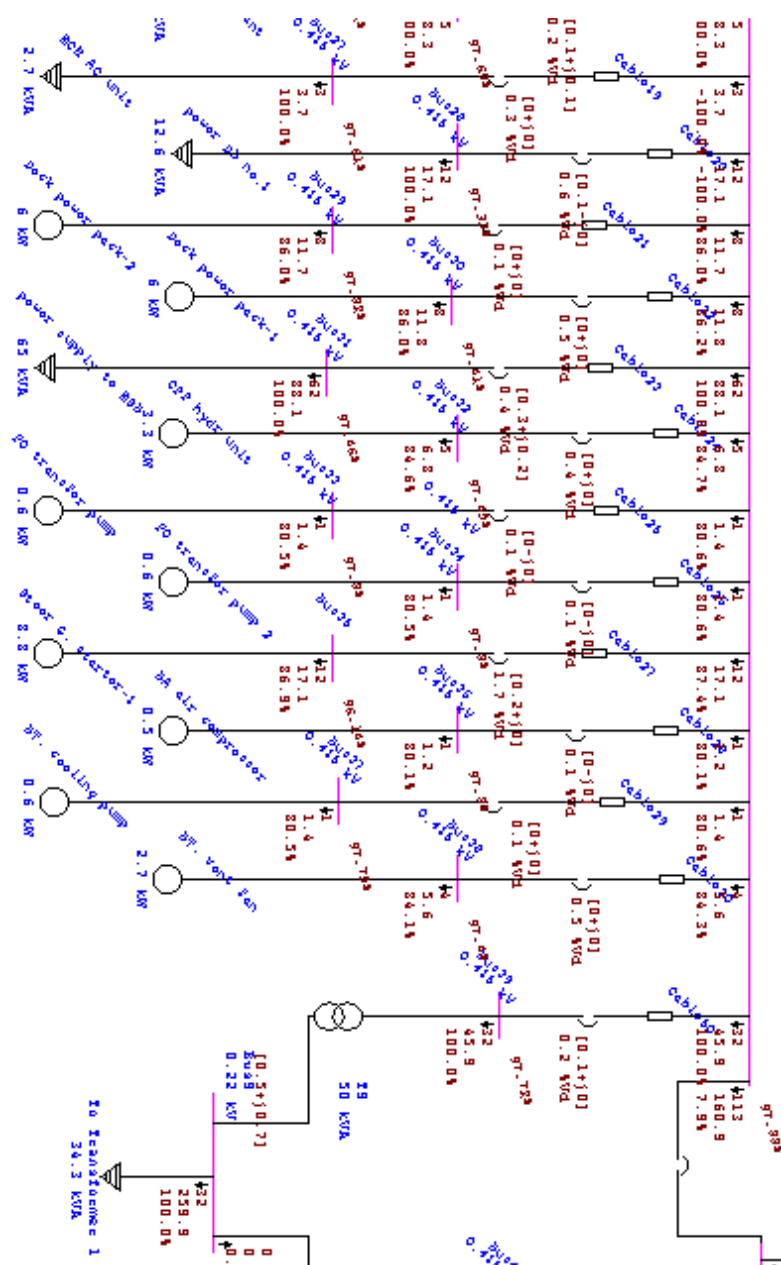






- Scenario 4 variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 pada load 100% + beban listrik kapal

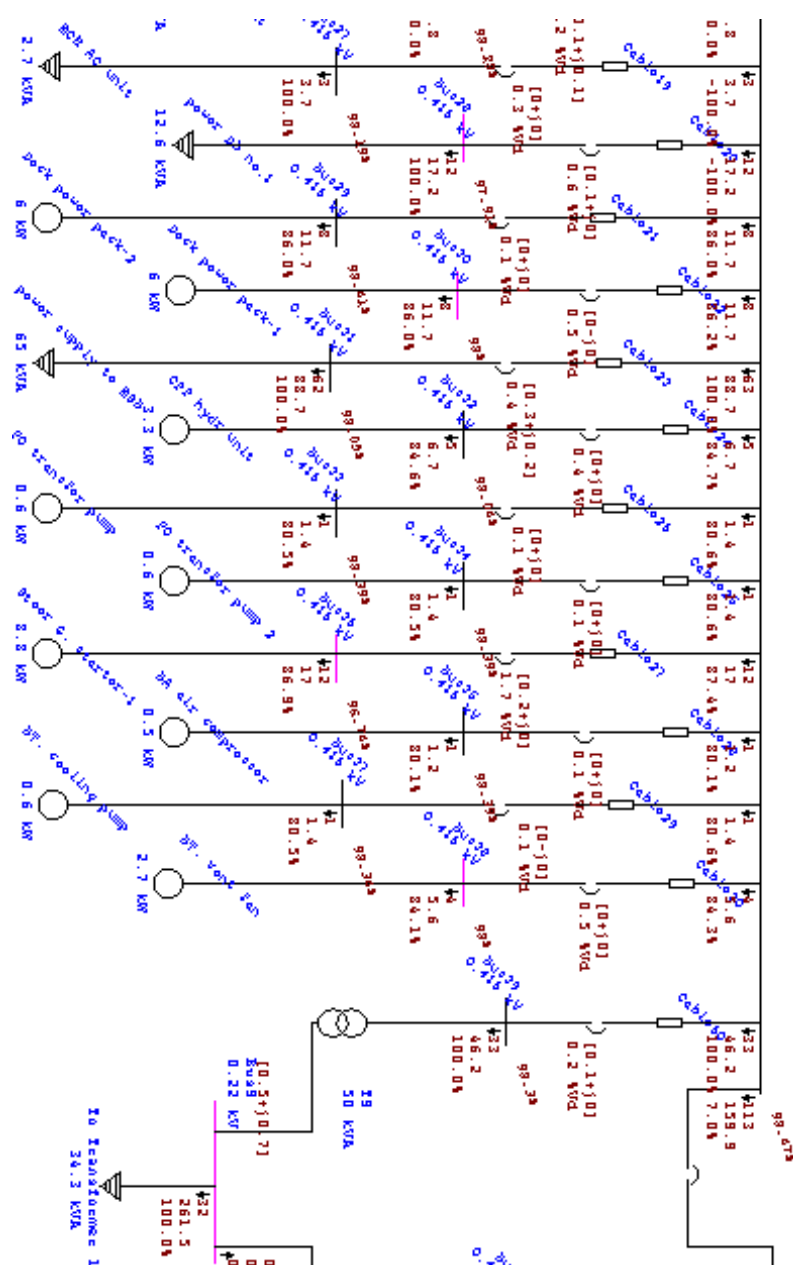


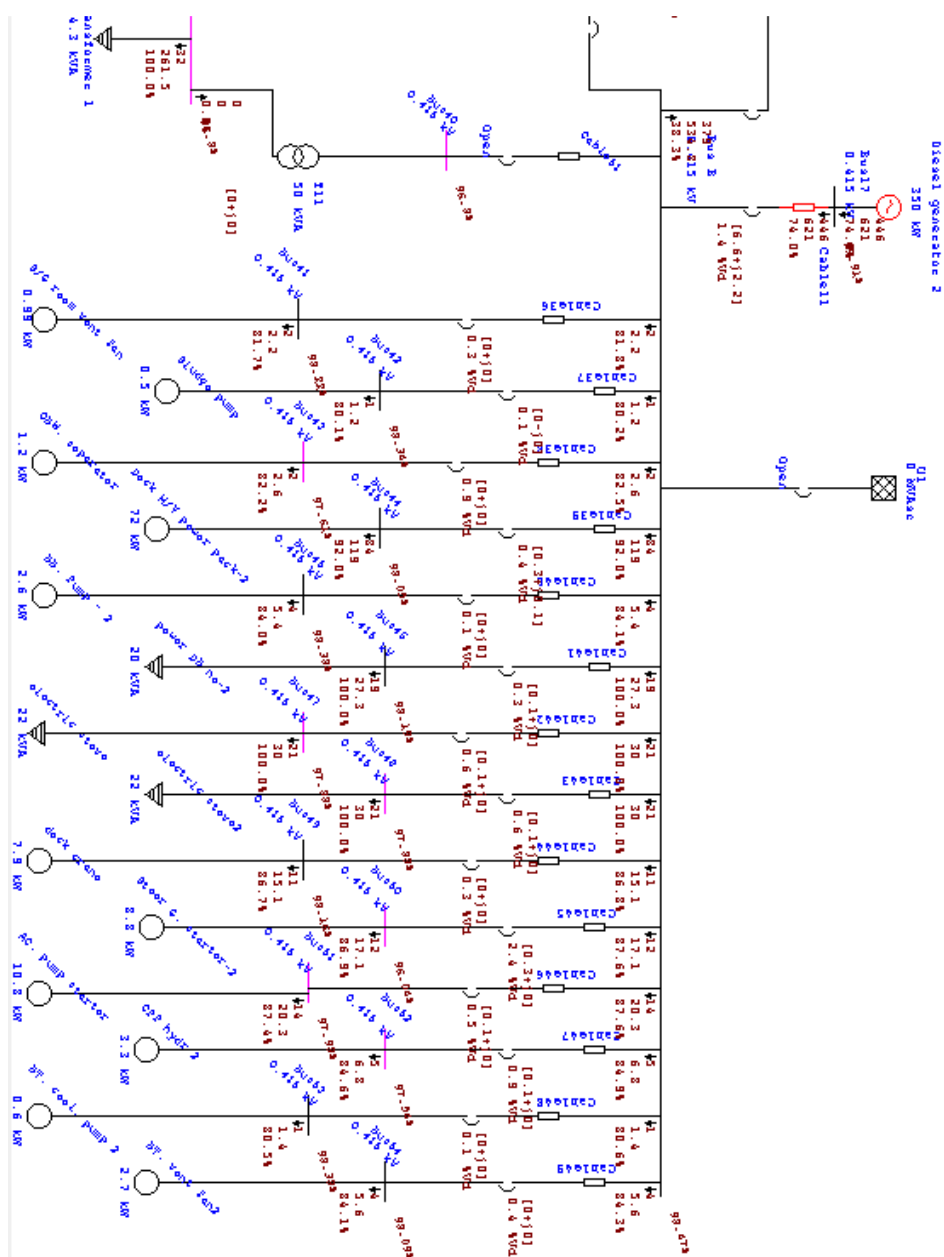




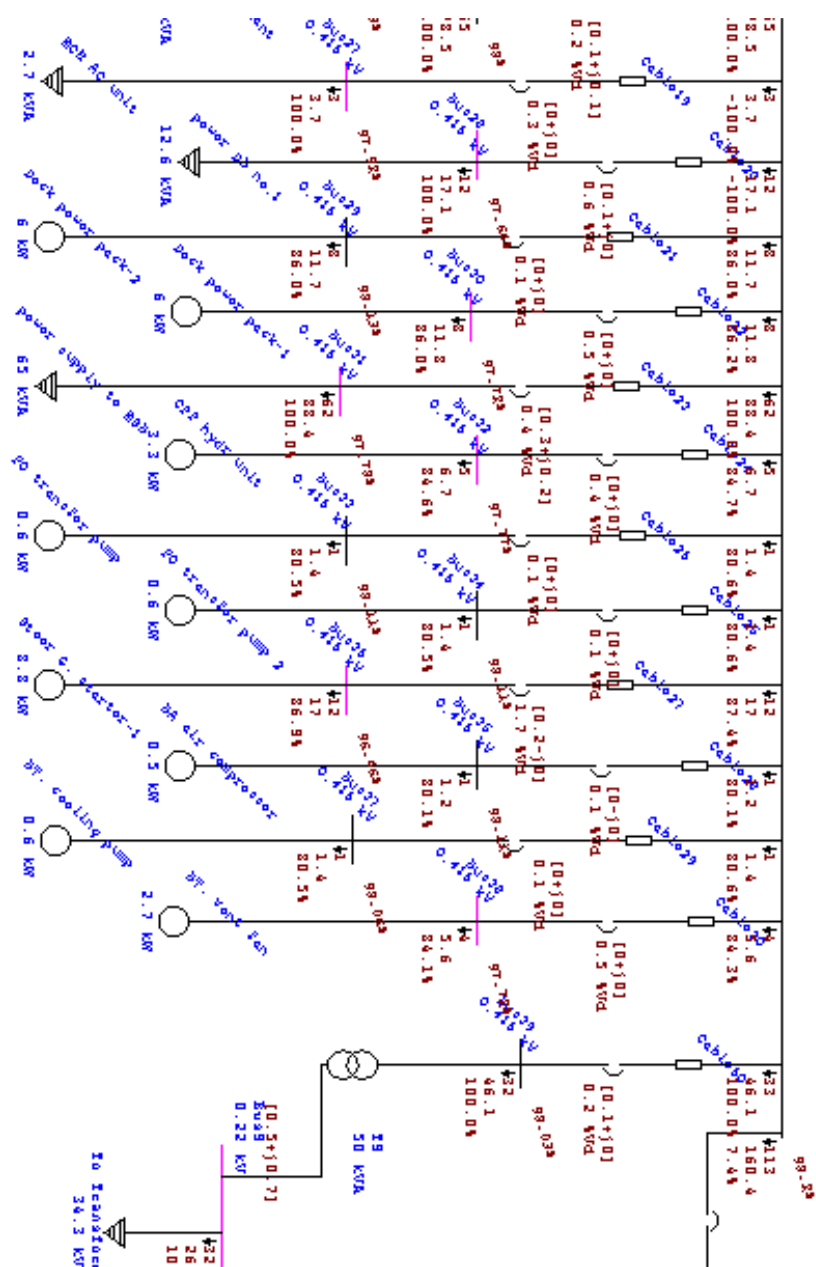


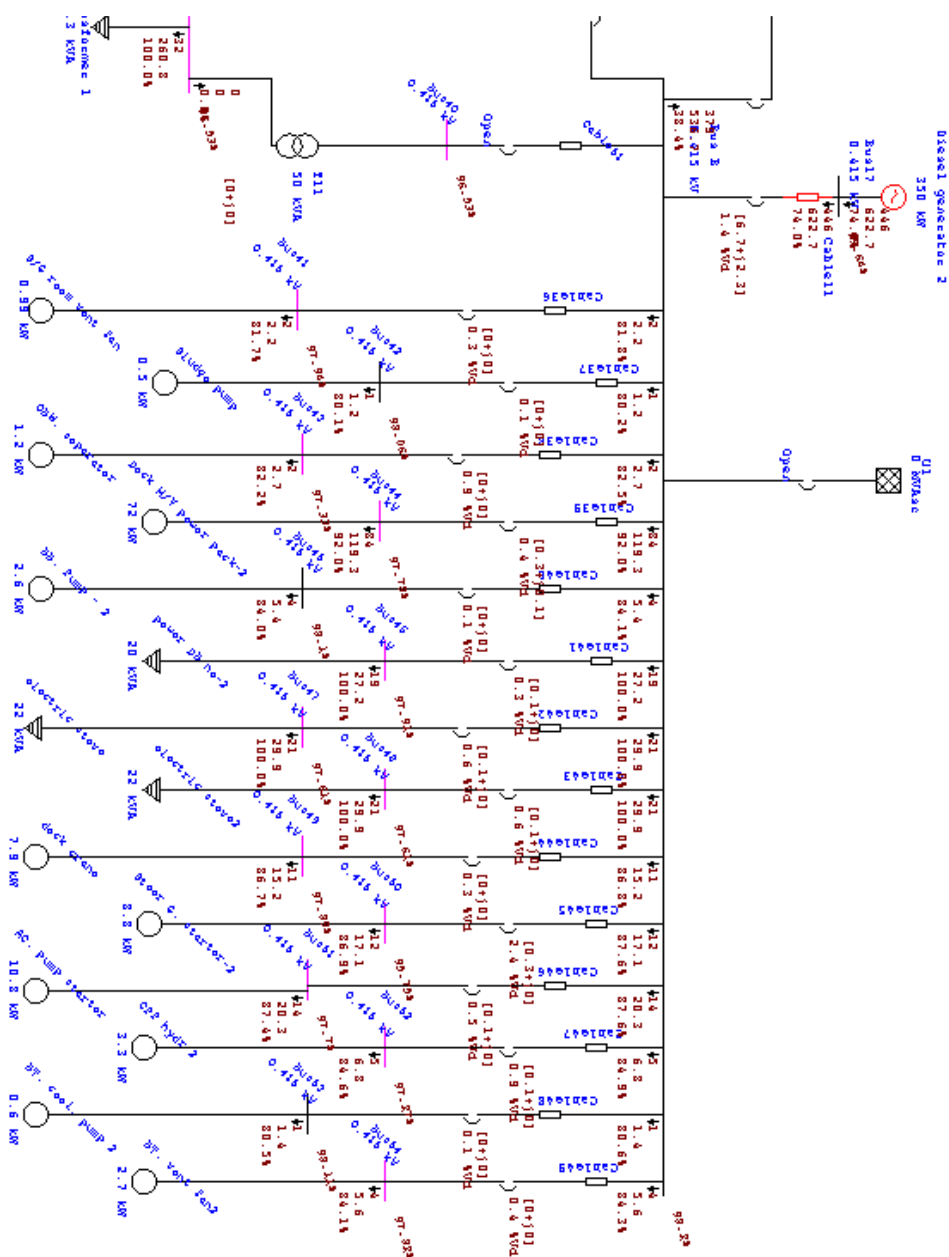




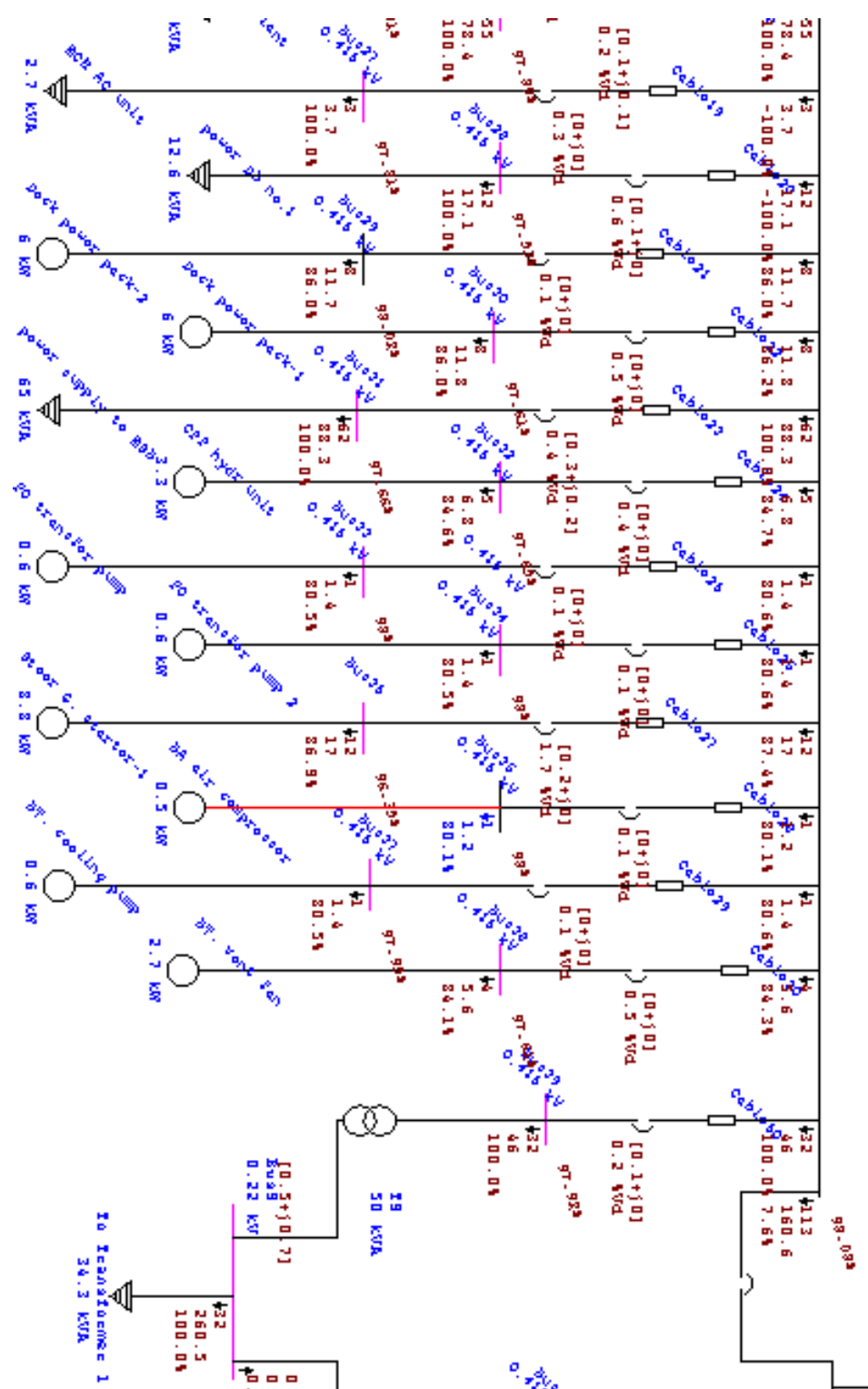








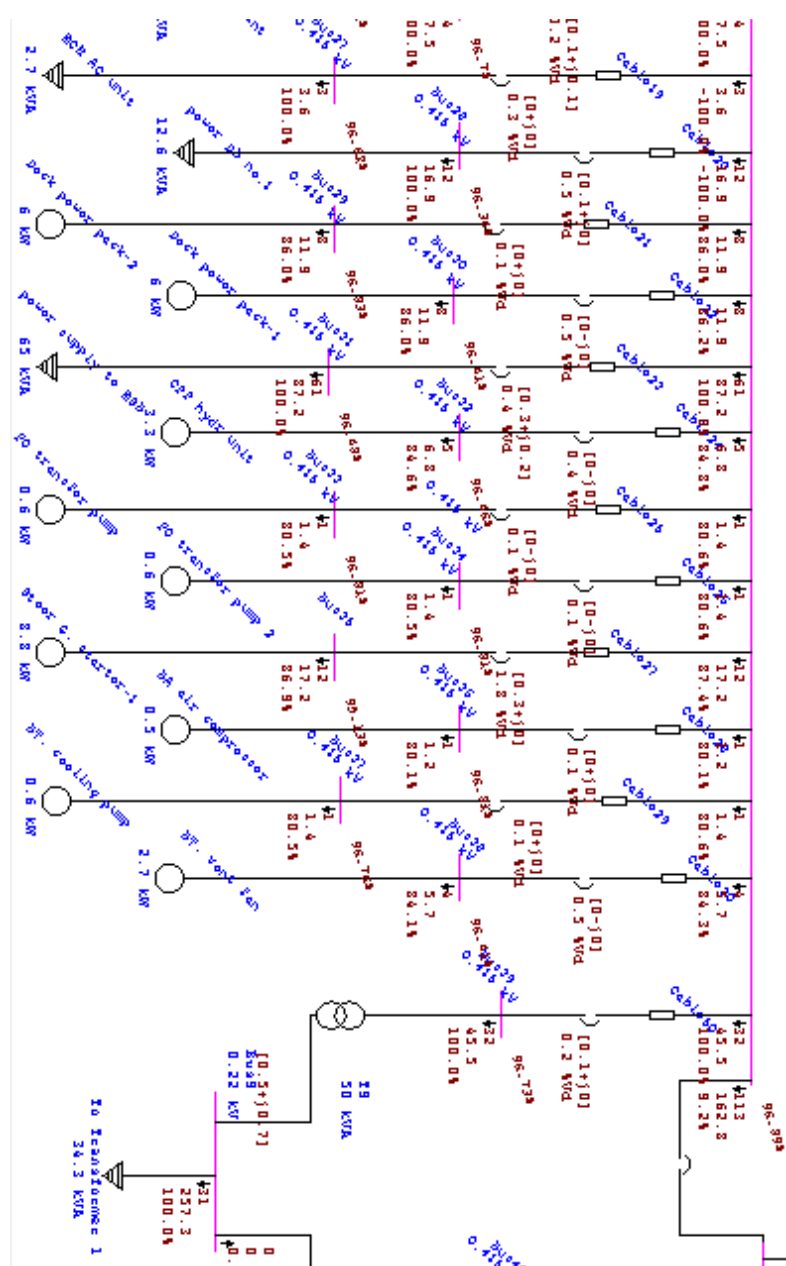






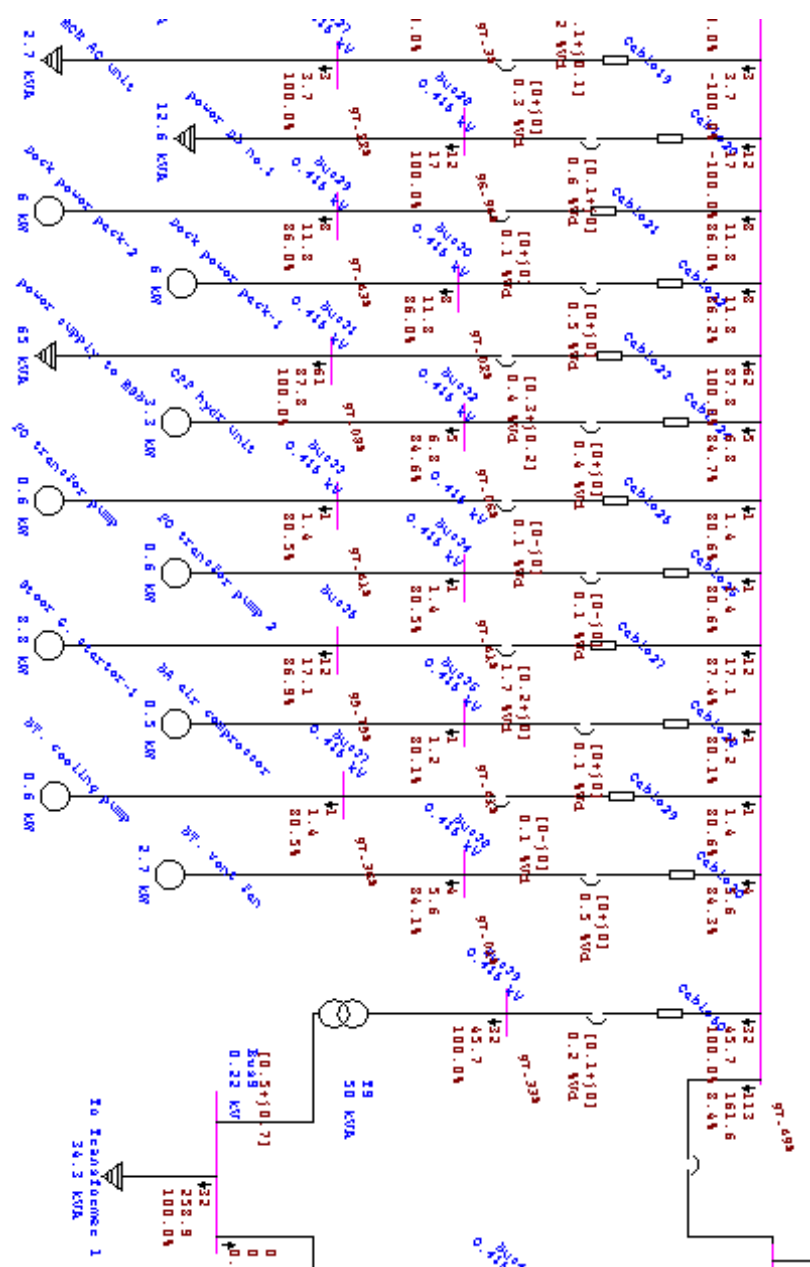






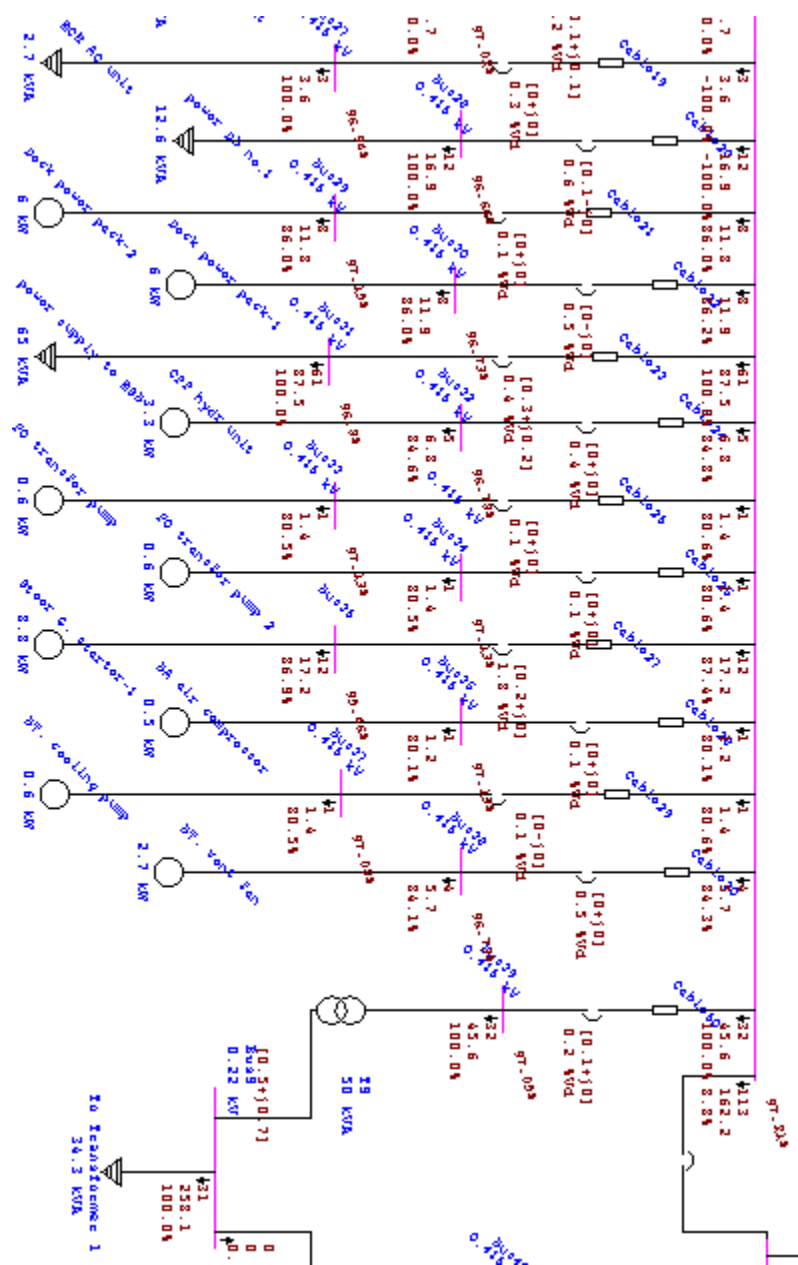




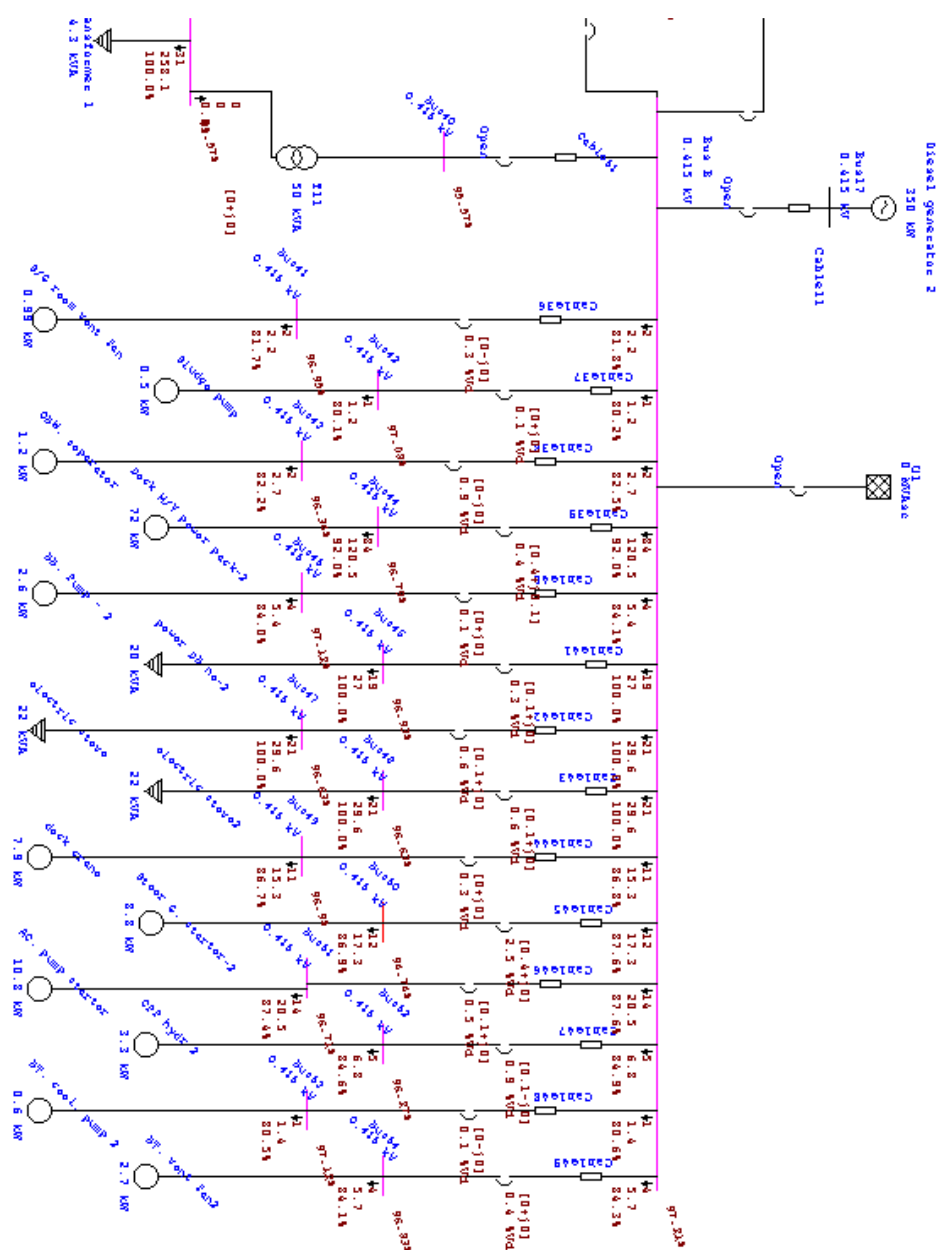




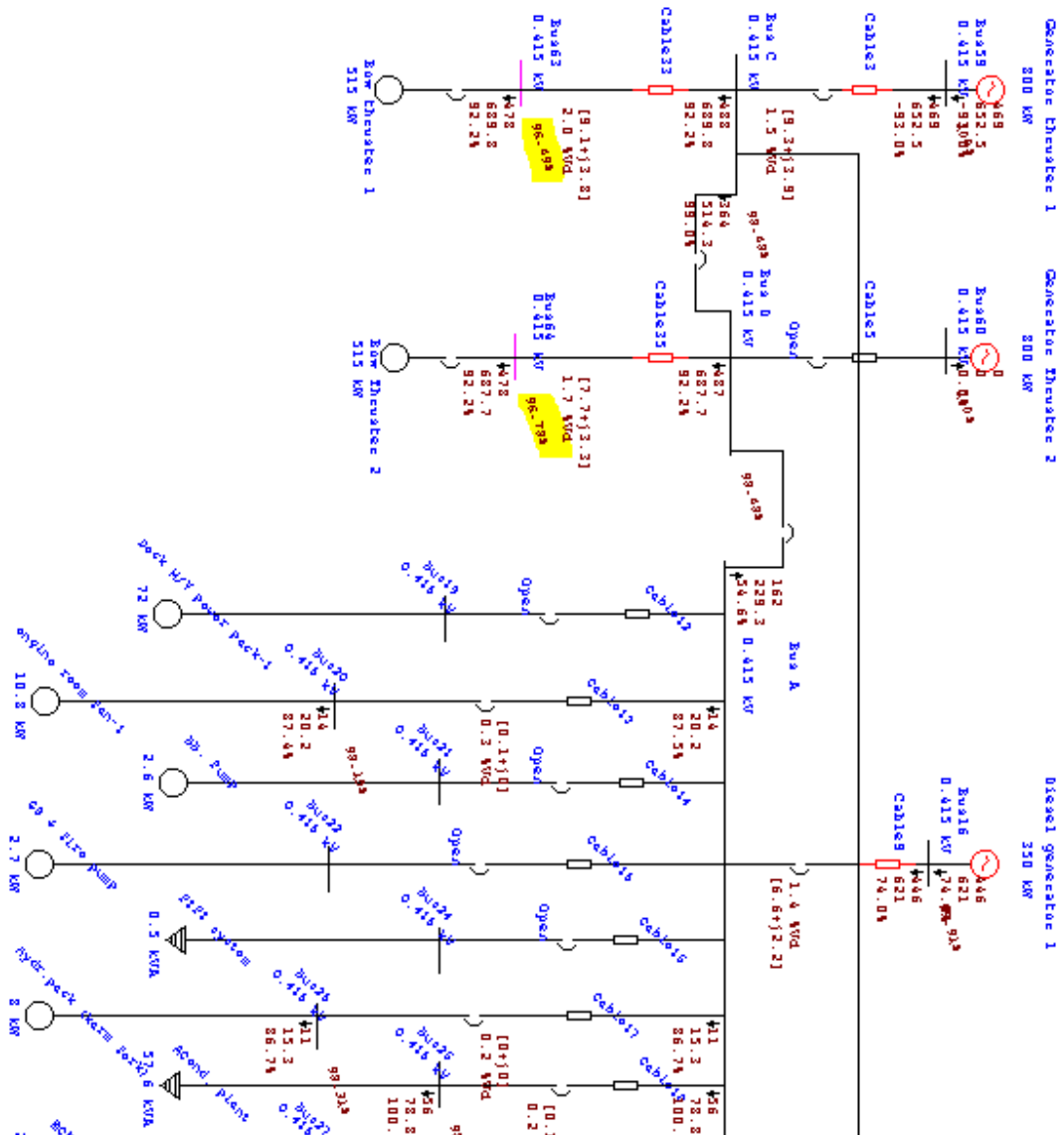


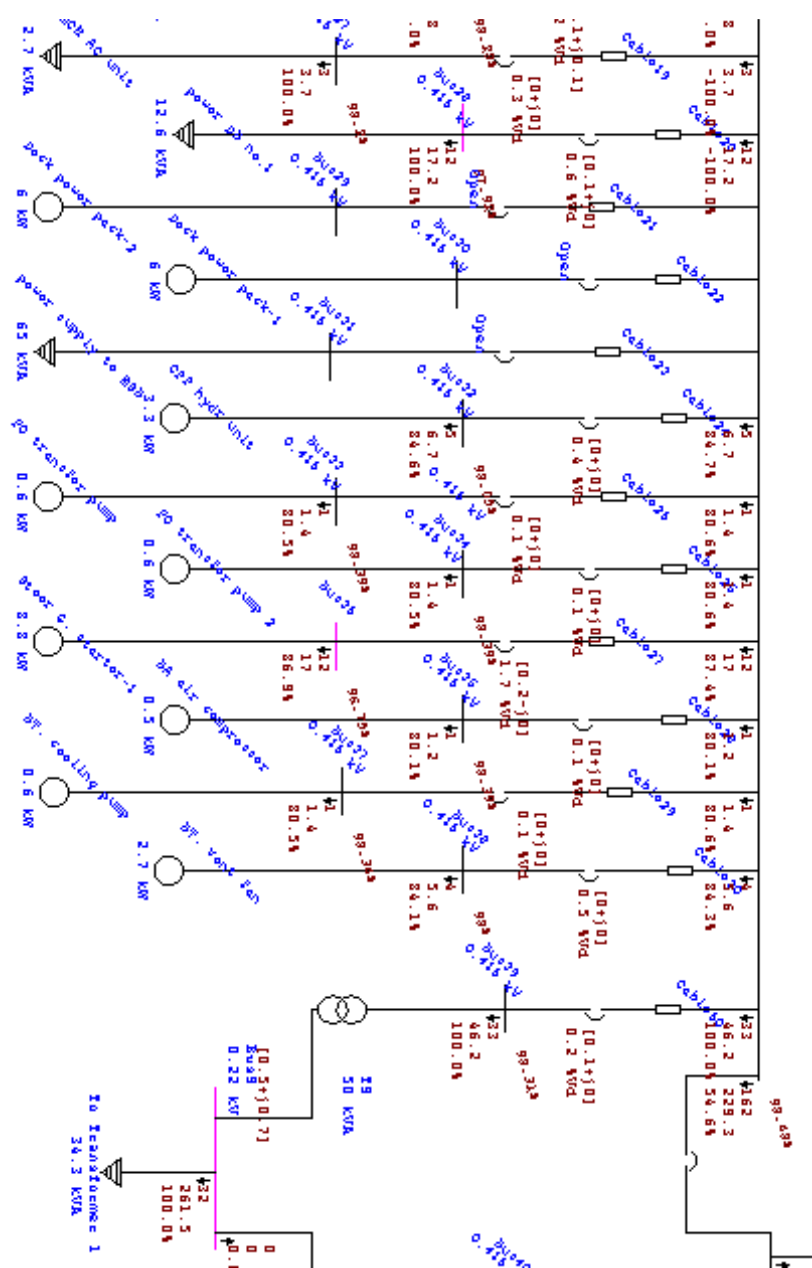


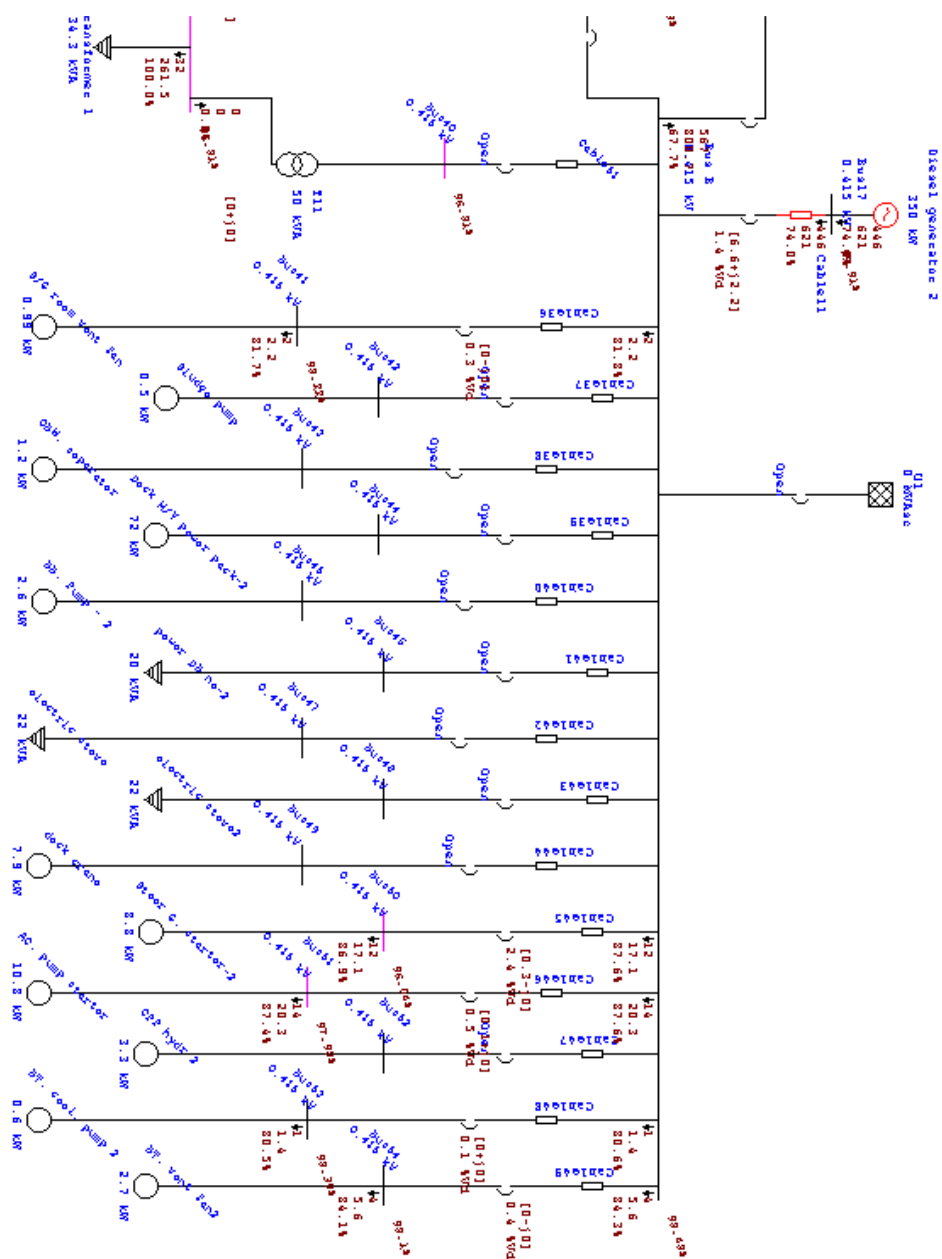




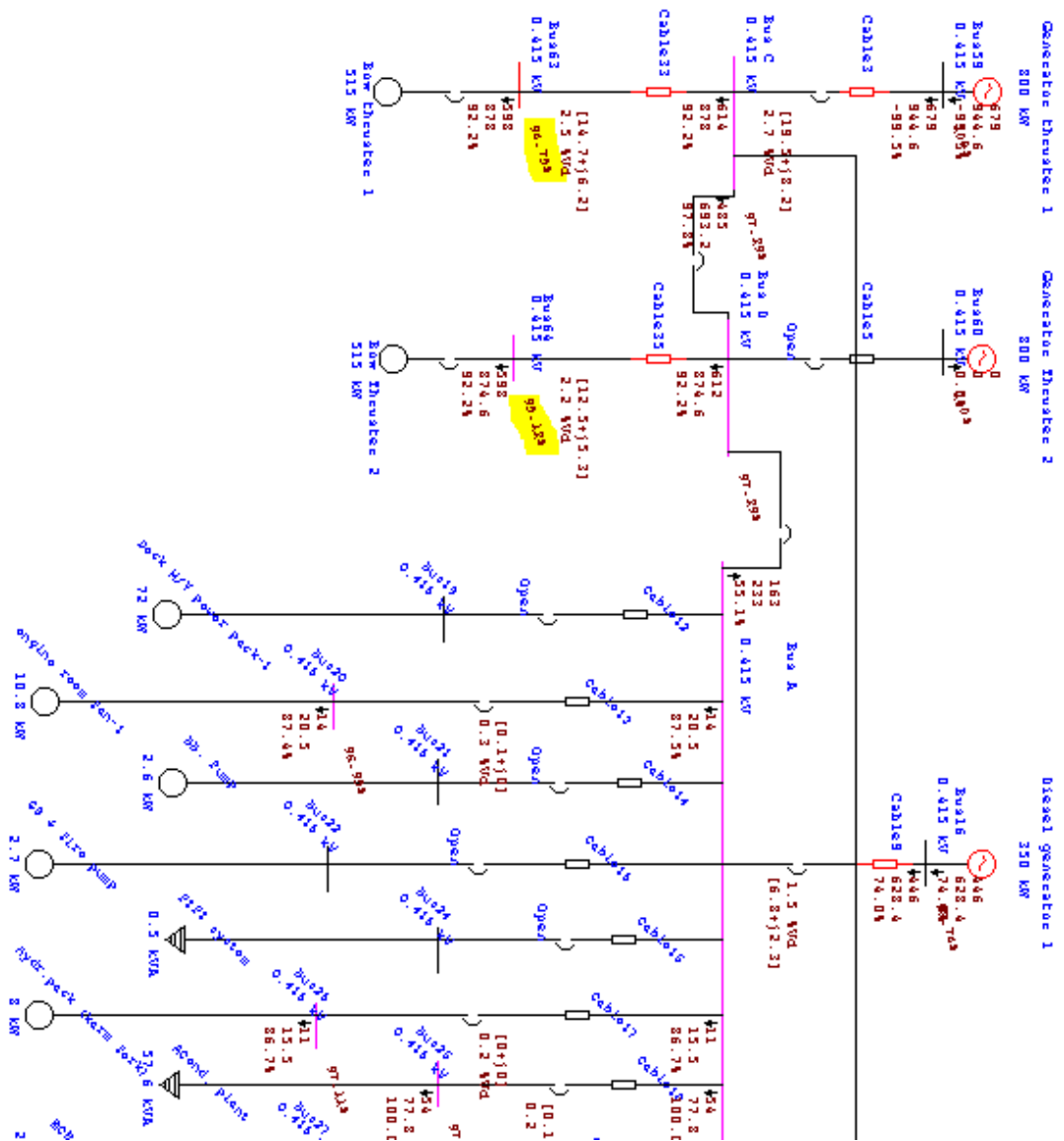
- Skenario 6 variasi beban 1, *bow thruster* 1 dan 2 80% + beban listrik esensial di kapal

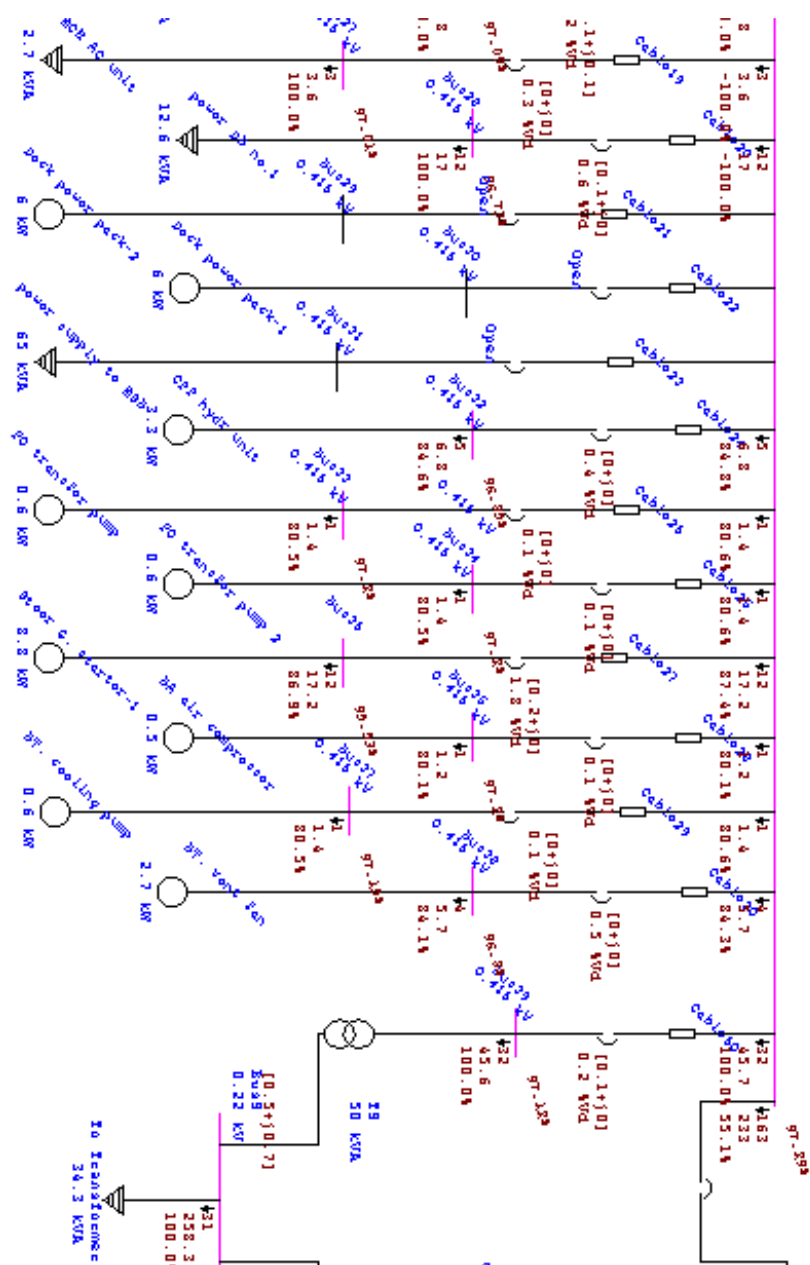






- Scenario 6 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% + beban listrik esensial di kapal

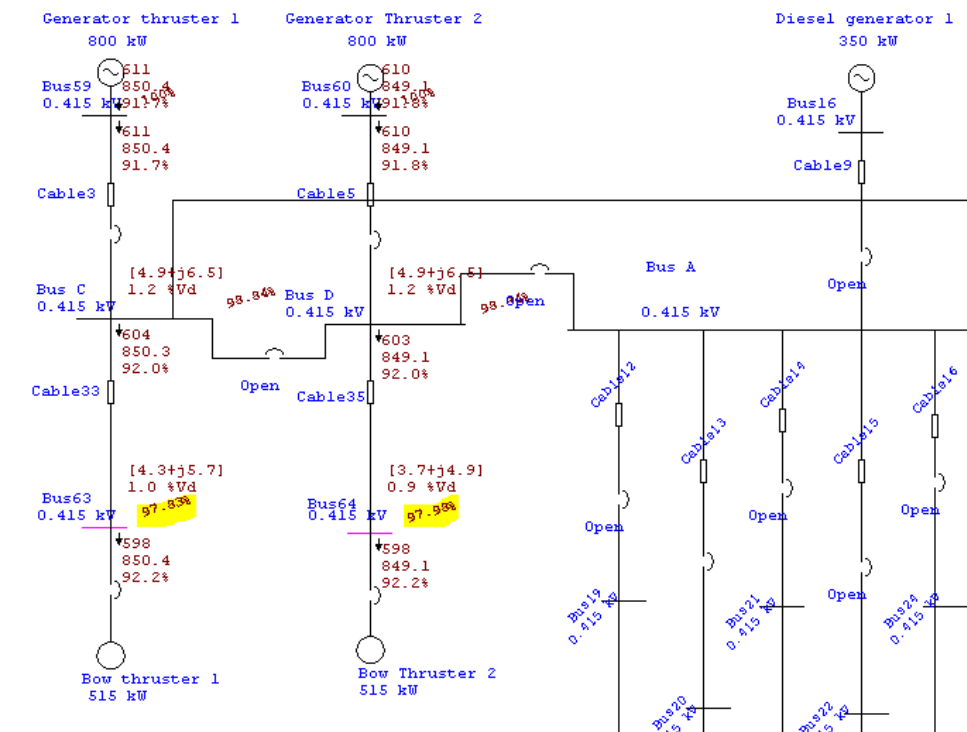






## B-2 Hasil simulasi seluruh skenario yang mengalami tegangan jatuh diatas standar IEC Setelah perbaikan

- Scenario 1 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% (penggantian kabel)



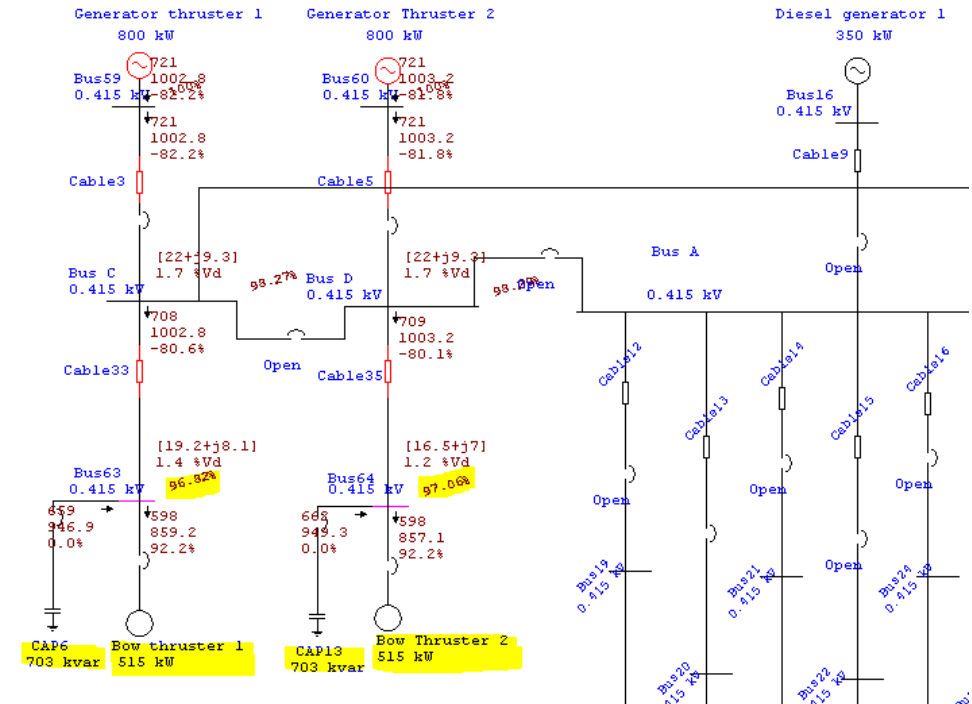
No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	850.4
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	849.1

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V\%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	405.9945	9.0055	2.17	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	406.617	8.383	2.02	Drop



- Scenario 1 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% (penambahan kapasitor)

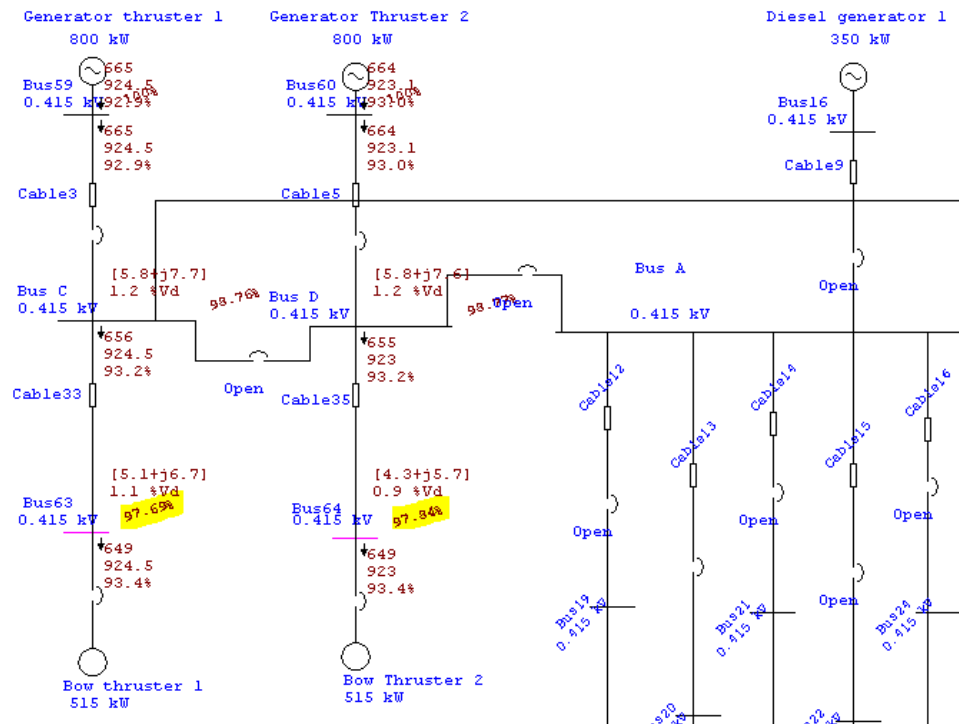


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	859.2
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	857.1

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	401.803	13.197	3.18	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	402.799	12.201	2.94	Drop

- Scenario 1 Variasi beban 3, *bow thruster* 1 dan 2 110% (penggantian kabel)

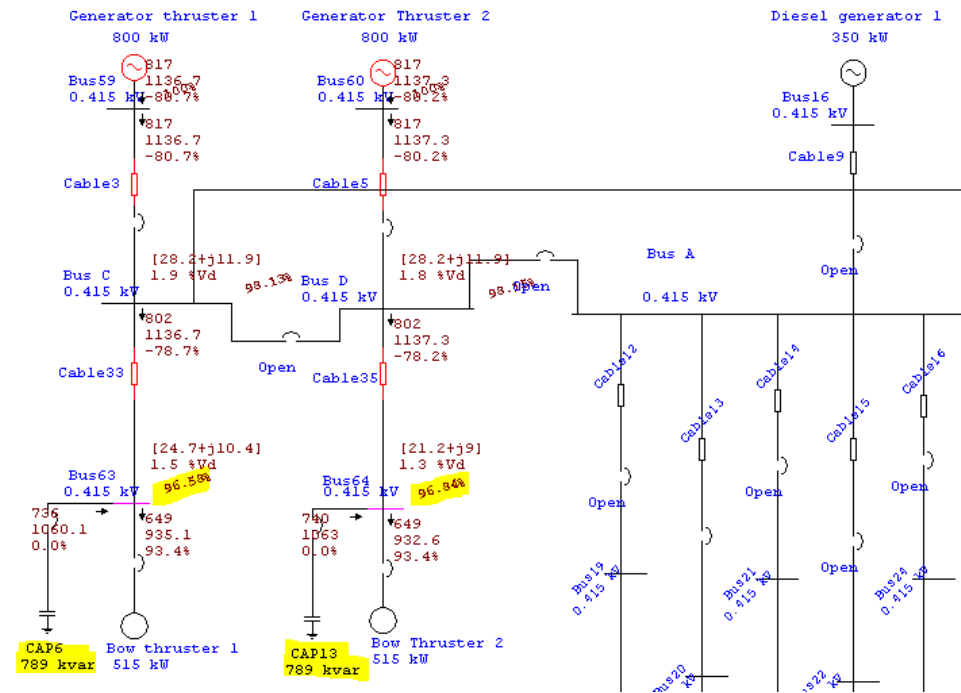


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	924.5
2	Bow thruster 2	515 kW	415	607	231	923

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V\%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	405.4135	9.5865	2.31	Drop
2	Bow thruster 2	93.44	406.036	8.964	2.16	Drop

- Scenario 1 Variasi beban 3, *bow thruster* 1 dan 2 110% (penambahan kapasitor)

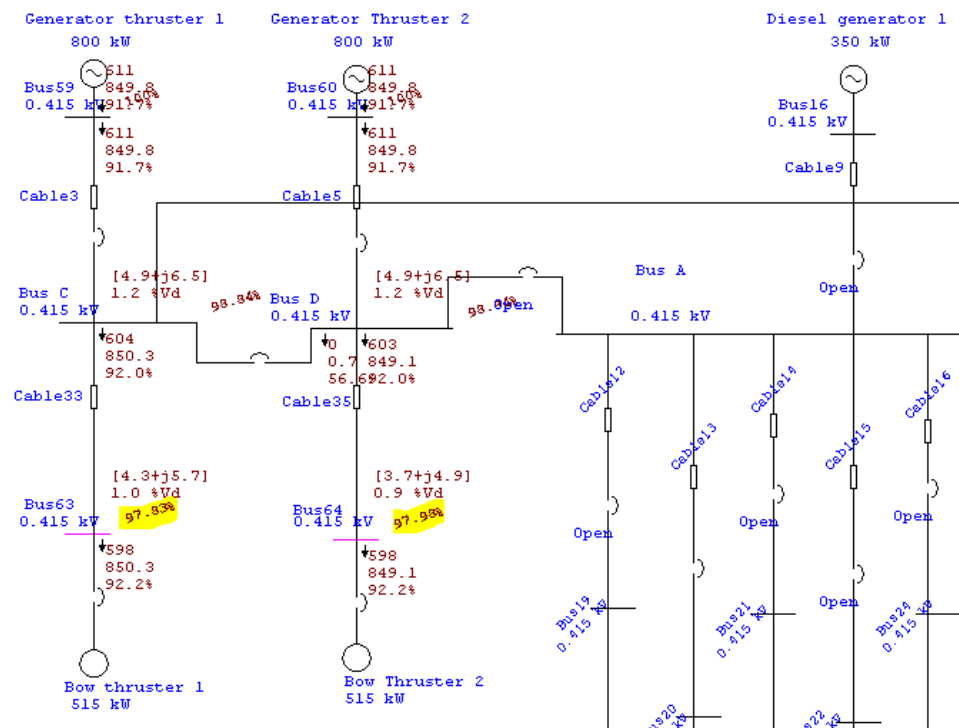


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	935.1
2	Bow thruster 2	515 kW	415	607	231	932.6

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	400.807	14.193	3.42	Drop
2	Bow thruster 2	93.44	401.886	13.114	3.16	Drop

- Scenario 2 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% (penggantian kabel)

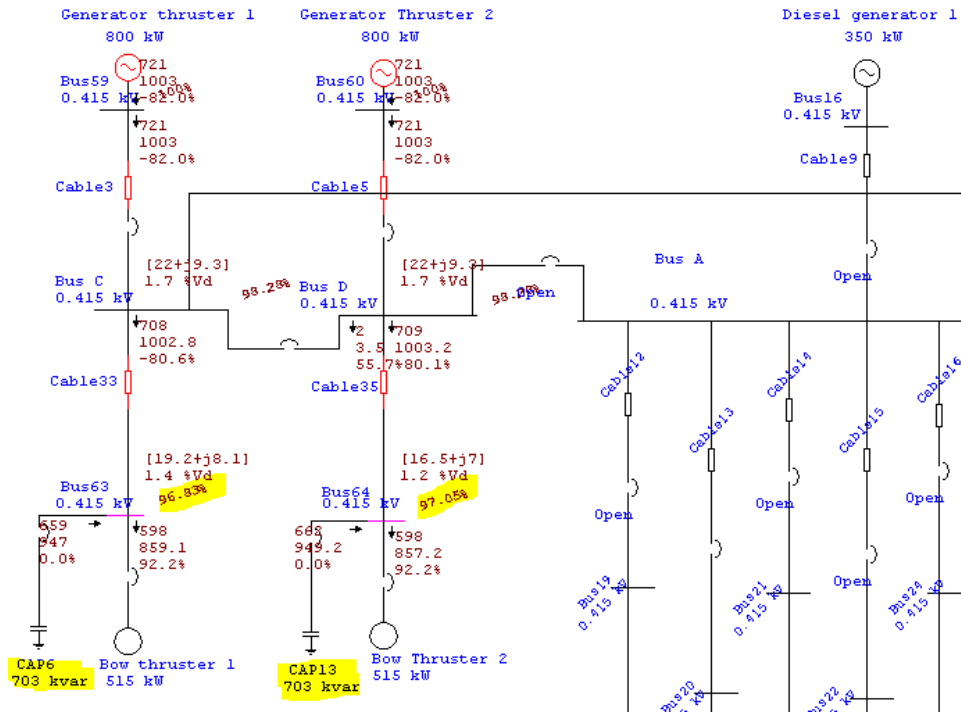


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	850.3
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	849.1

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	405.9945	9.0055	2.17	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	406.617	8.383	2.02	Drop

- Scenario 2 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% (penambahan kapasitor)

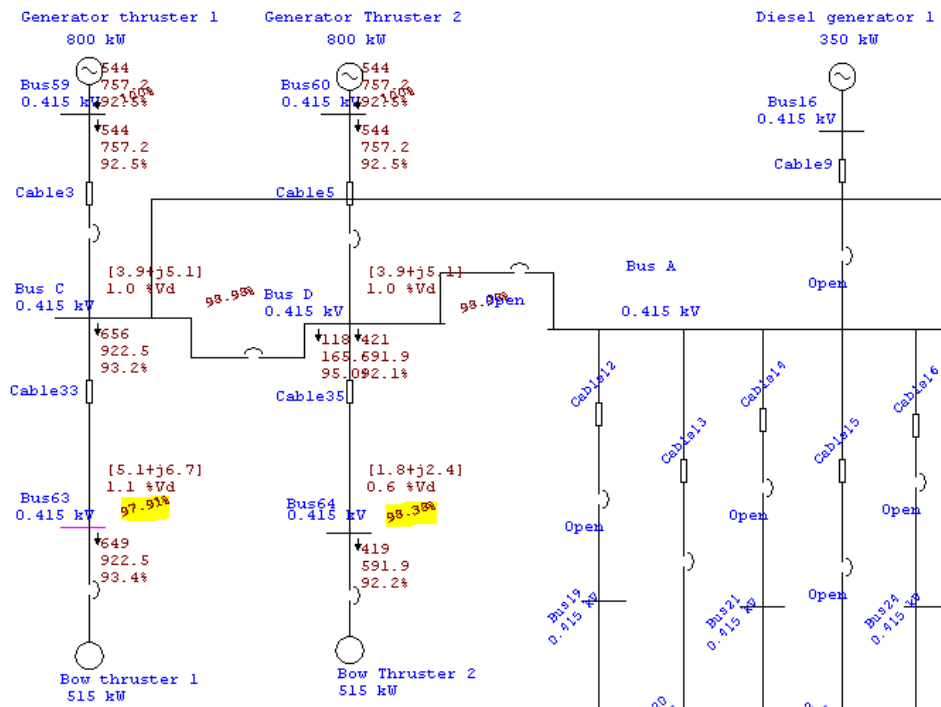


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	859.1
2	Bow thruster 2	515 kW	415	551	231	857.2

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	401.8445	13.1555	3.17	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	402.7575	12.2425	2.95	Drop

- Scenario 2 Variasi beban 4, *bow thruster 1 load 110%* dan *bow thruster 2 load 70%* (penggantian kabel)

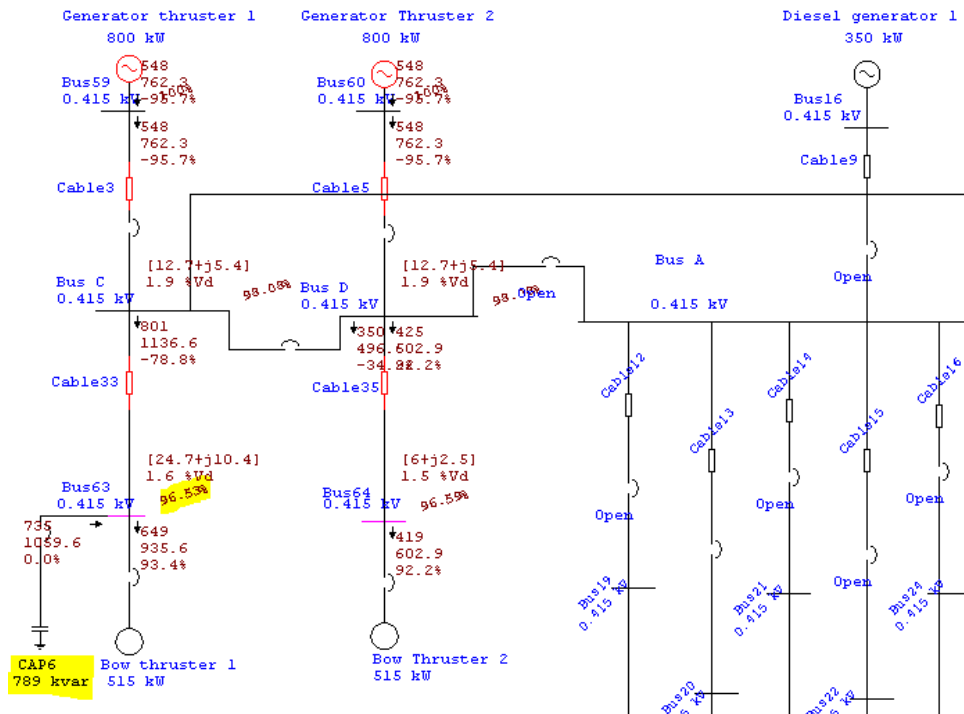


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	922.5
2	Bow thruster 2	515 kW	415	386	162	591.9

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V \%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	406.3265	8.6735	2.09	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	408.277	6.723	1.62	Drop

- Scenario 2 Variasi beban 4, *bow thruster 1 load 110%* dan *bow thruster 2 load 70%* (penambahan kapasitor)

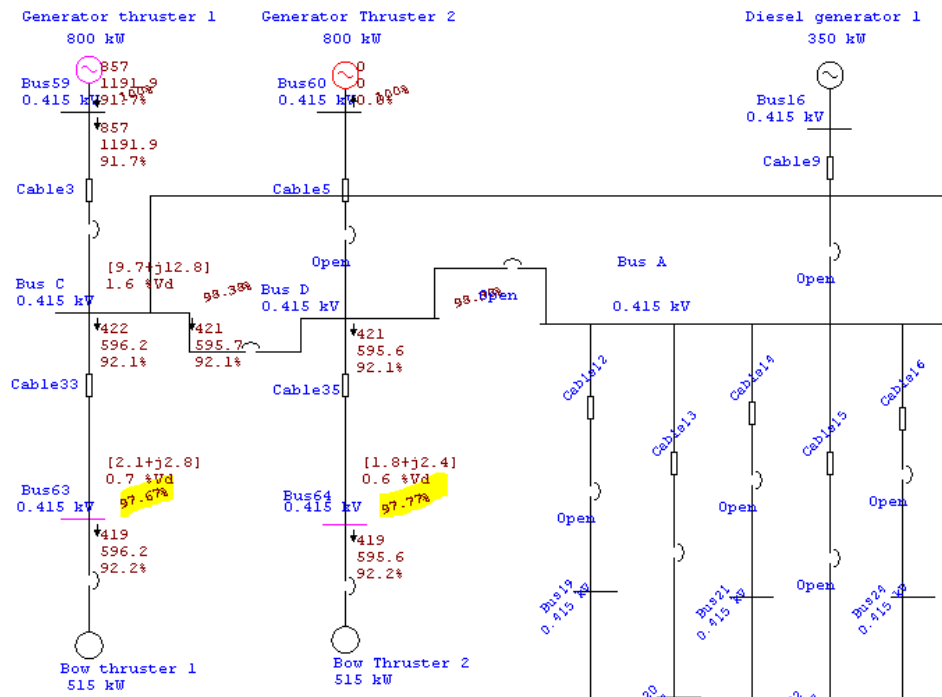


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	935.6
2	Bow thruster 2	515 kW	415	386	162	602.9

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	400.5995	14.4005	3.47	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	400.8485	14.1515	3.41	Drop

- Scenario 3 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 70% (pegngantian kabel)



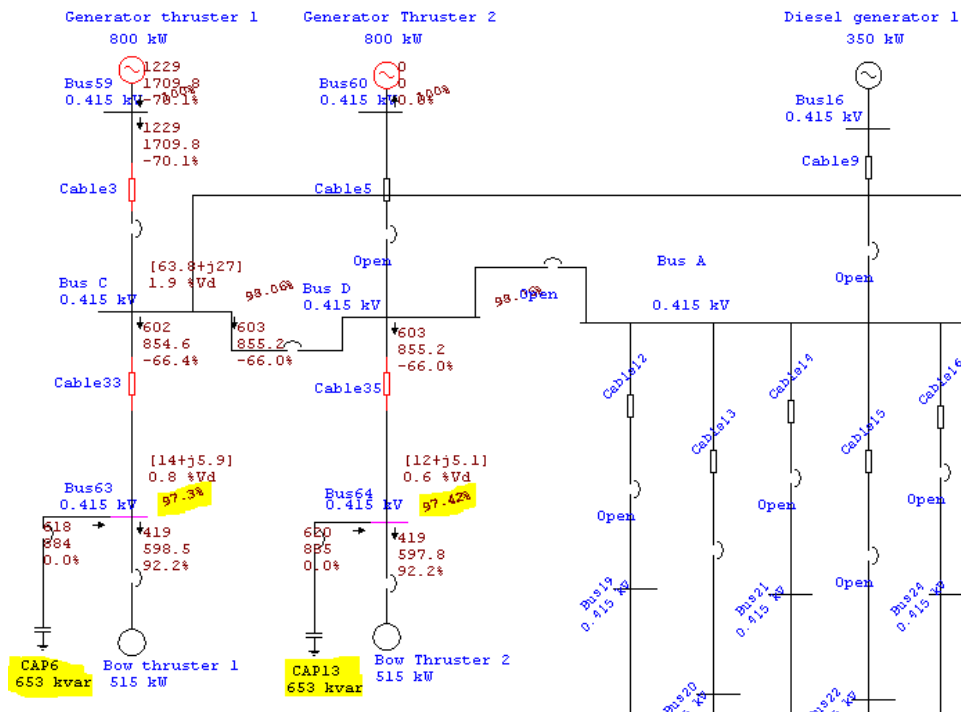
No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	386	162	596.2
2	Bow thruster 2	515 kW	415	386	162	595.6

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V\%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	405.3305	9.6695	2.33	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	405.7455	9.2545	2.23	Drop



- Scenario 3 Variasi beban 2, bow thruster 1 dan 2 70% (penambahan kapasitor)

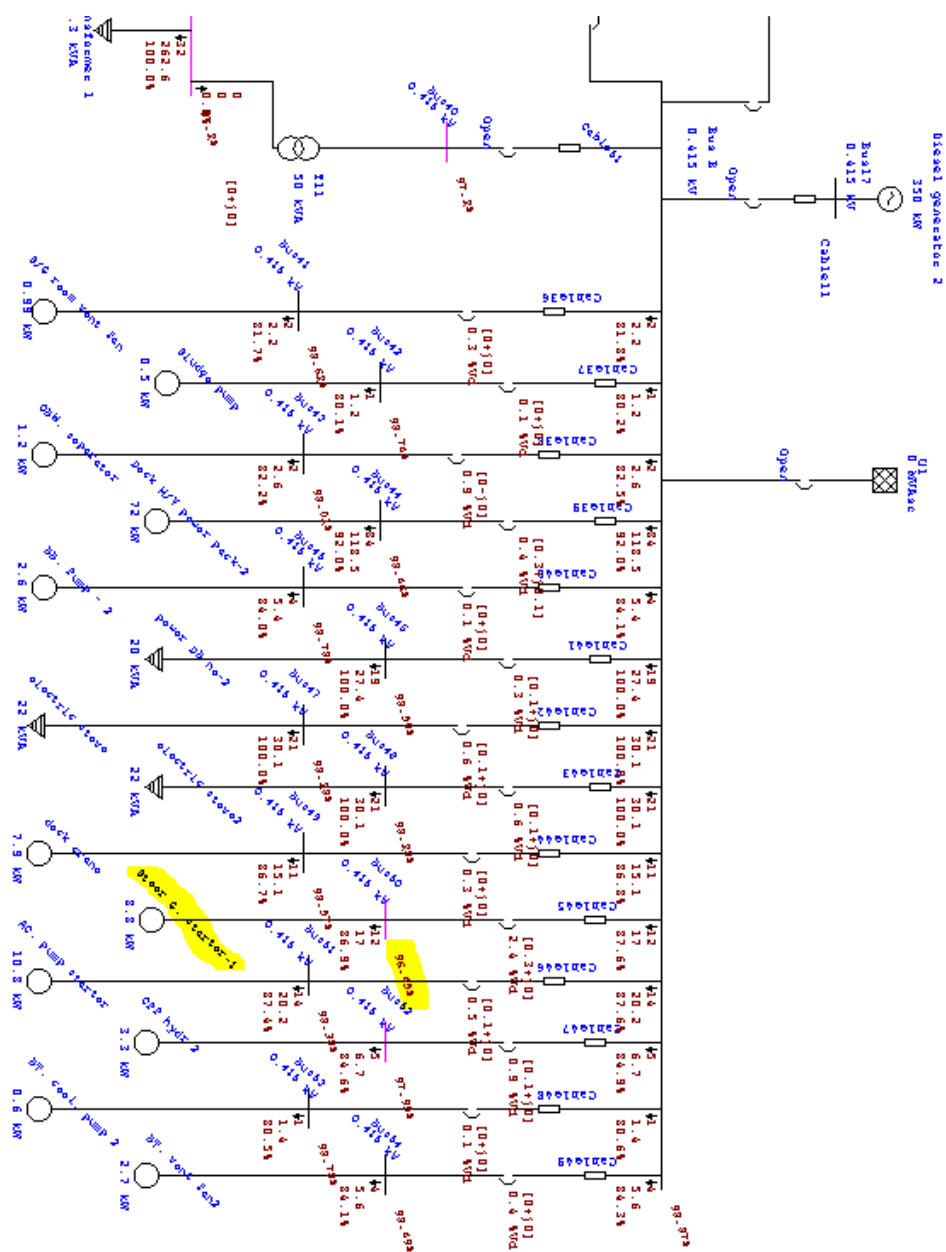


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	386	162	598.5
2	Bow thruster 2	515 kW	415	386	162	597.8

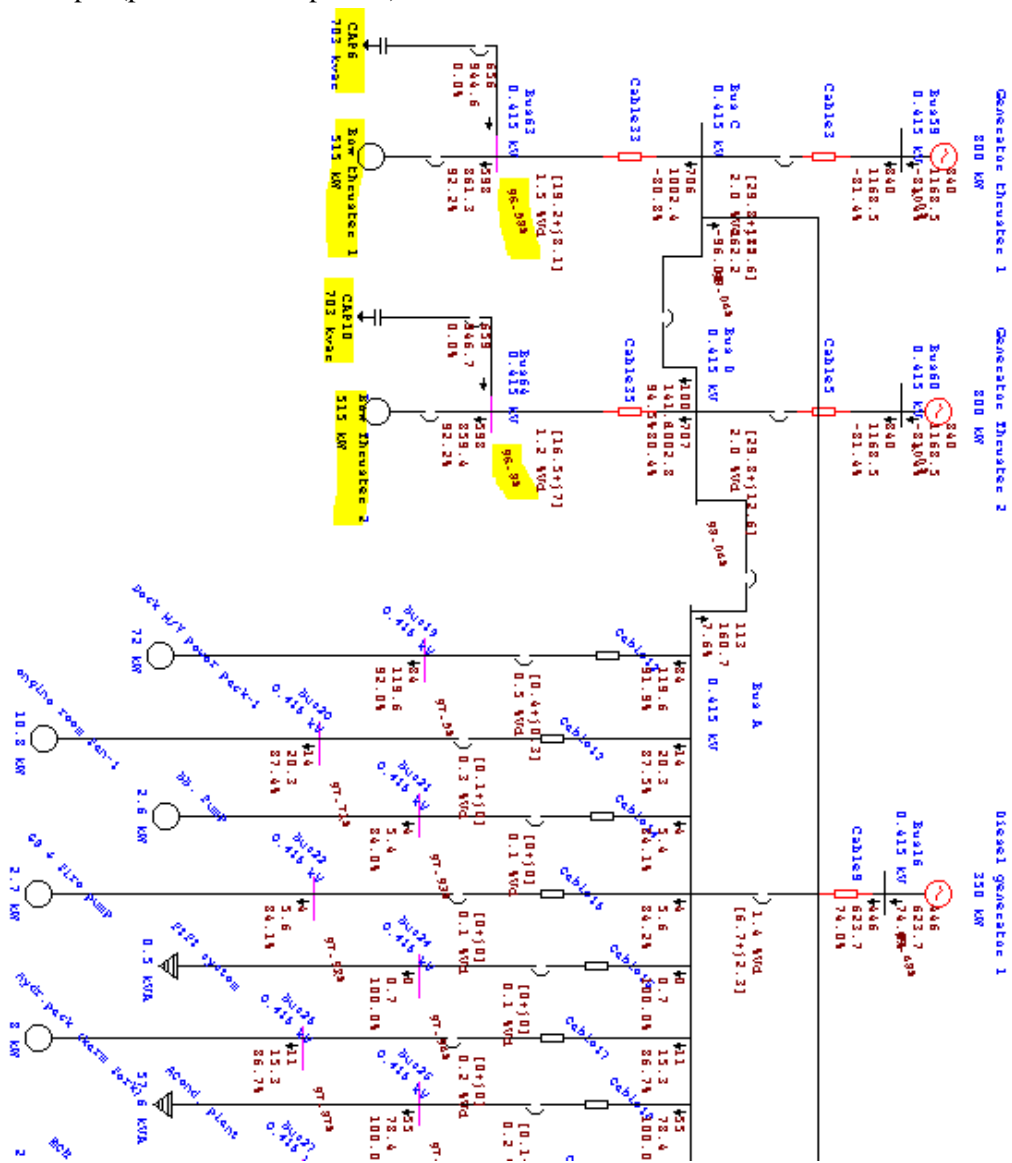
  

No.	Nama Peralatan	% PF	V <sub>r</sub>	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	403.795	11.205	2.7	Drop
2	Bow thruster 2	92.22	404.293	10.707	2.58	Drop



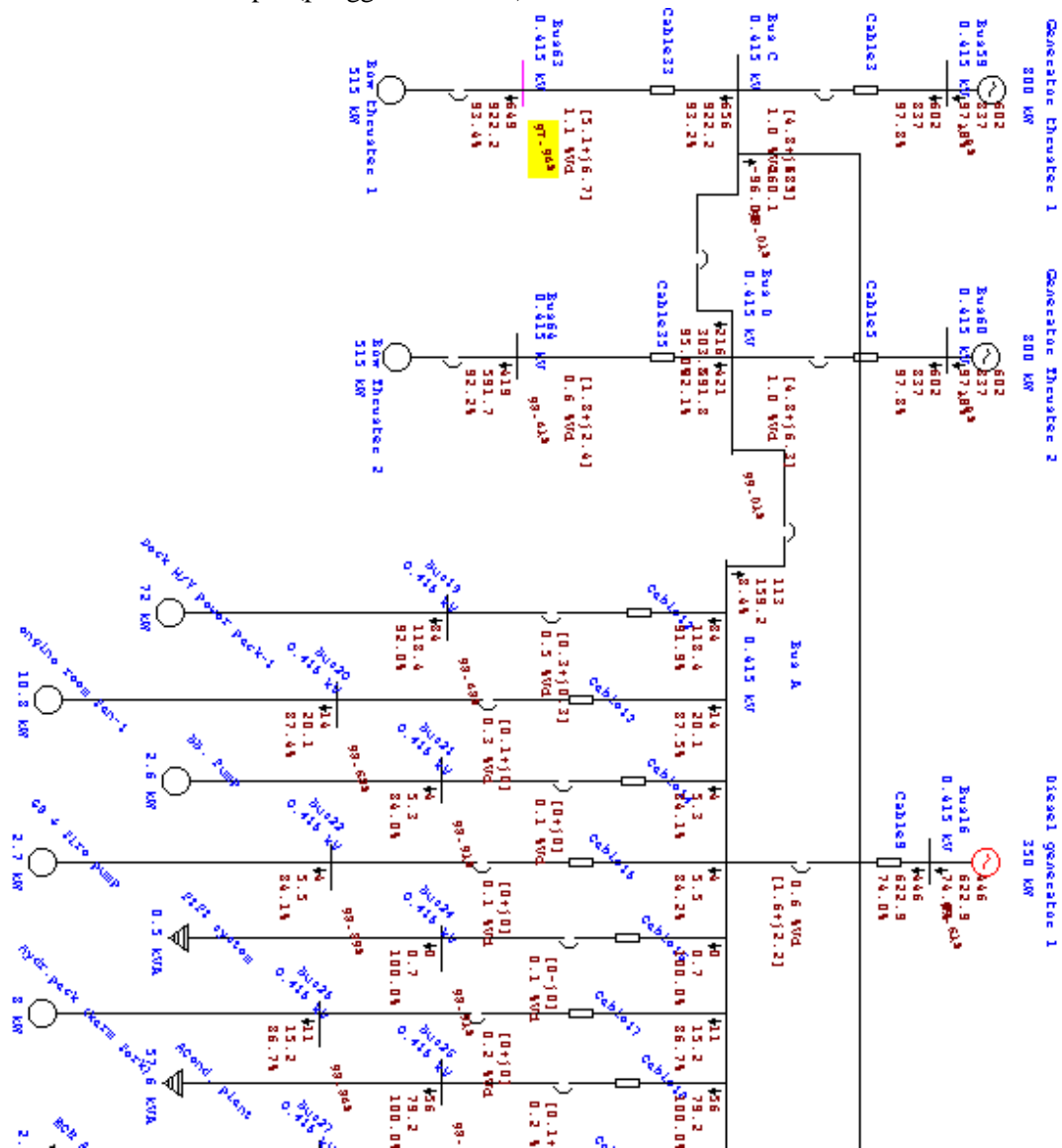


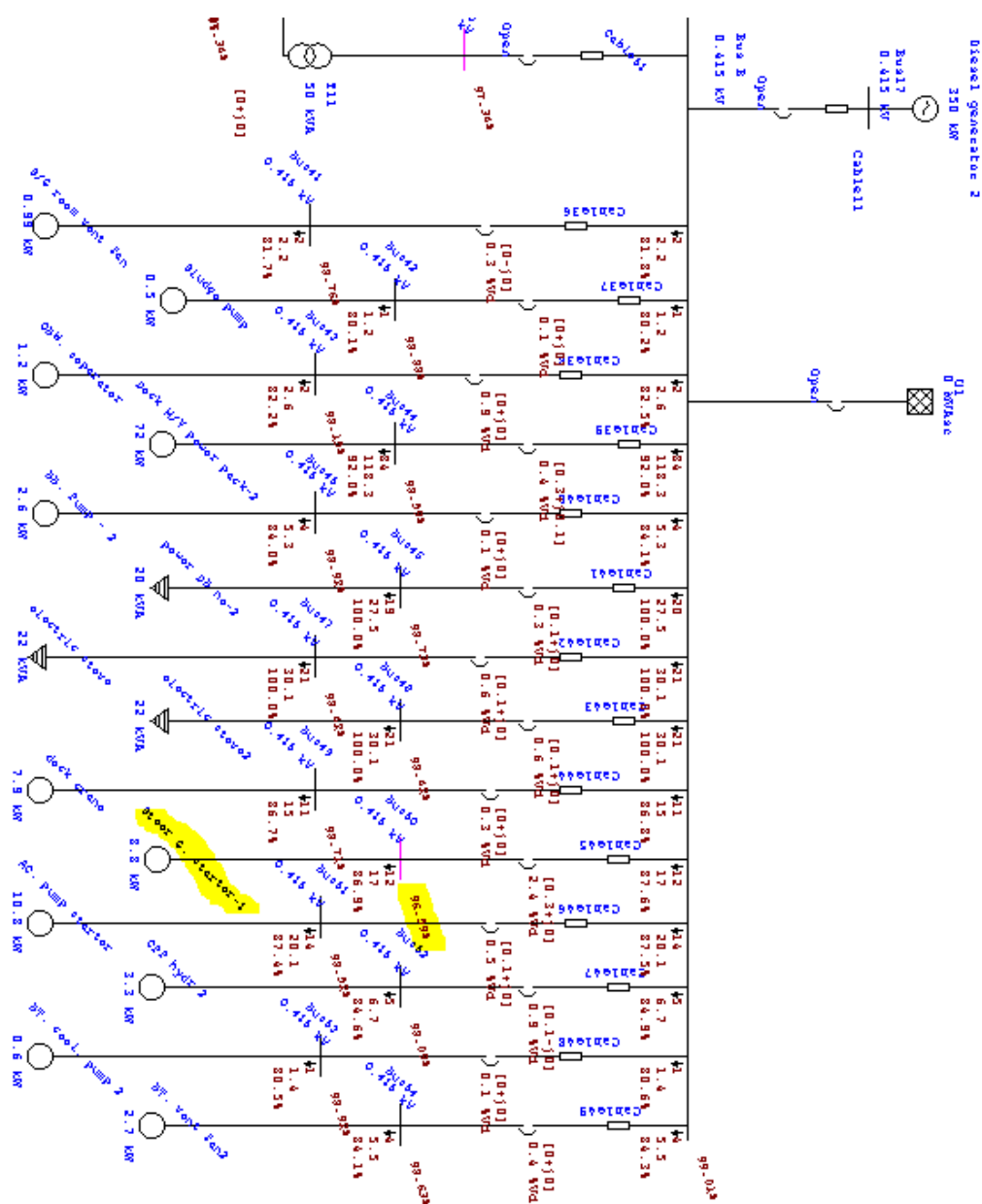
- Scenario 5 variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 pada *load* 100% + beban listrik kapal (penambahan capasitor)





- Scenario 5 variasi beban 4, *bow thruster 1 load 110%* dan *bow thruster 2 load 70%* + beban listrik kapal (penggantian kabel)





No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	922.2
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	386	162	591.7
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.15
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	56.246	0	79.19
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.163
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.343
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.343
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.375
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.376
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.554
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.549
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.721
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.688
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.03
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	118.4
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	118.3
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.66
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.61
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.632	0	3.709
20	electric stove	22 kVA	415	21.309	0	30.12
21	electric stove2	22 kVA	415	21.309	0	30.12
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.12
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.489	0	0.688
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.375
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.375
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.534
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.19
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.631
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.213	0	17.26
30	power DB no-2	20 kVA	415	19.494	0	27.47
31	power supply to ESB	65 kVA	415	63.176	0	89.15
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.188
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.163
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.86
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.99
36	To Transformer 1	50 kVA	220	32.505	0	262.9



No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	406.451	8.549	2.06	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	408.4015	6.5985	1.59	Drop
3	AC. pump starter	87.43	408.858	6.142	1.48	Drop
4	ACond. plant	100	410.103	4.897	1.18	Drop
5	BA air compressor	80.09	410.5595	4.4405	1.07	Drop
6	BB. Pump	84.03	410.4765	4.5235	1.09	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	410.518	4.482	1.08	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	410.518	4.482	1.08	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	410.352	4.648	1.12	Drop
10	BT. vent fan	84.12	408.941	6.059	1.46	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	409.3145	5.6855	1.37	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	407.0735	7.9265	1.91	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	409.1485	5.8515	1.41	Drop
14	deck crane	86.68	409.6465	5.3535	1.29	Drop
15	Deck M/Y power pack-	91.96	408.692	6.308	1.52	Drop
16	Deck M/Y power pack-	91.96	409.1485	5.8515	1.41	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	408.941	6.059	1.46	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	410.6425	4.3575	1.05	Drop
19	ECR AC unit	100	409.7295	5.2705	1.27	Drop
20	electric stove	100	408.443	6.557	1.58	Drop
21	electric stove2	100	408.443	6.557	1.58	Drop
22	engine room fan-1	87.43	409.522	5.478	1.32	Drop
23	FIFI system	100	410.4765	4.5235	1.09	Drop
24	FO transfer pump	80.53	410.5595	4.4405	1.07	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	410.5595	4.4405	1.07	Drop
26	GS & fire pump	84.12	410.3935	4.6065	1.11	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	410.186	4.814	1.16	Drop
28	OBW. separator	82.18	407.3225	7.6775	1.85	Drop
29	power DB no.1	100	408.5675	6.4325	1.55	Drop
30	power DB no-2	100	409.7295	5.2705	1.27	Drop
31	power supply to ESB	100	409.1485	5.8515	1.41	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	409.854	5.146	1.24	Drop
33	Sludge pump	80.09	410.352	4.648	1.12	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	400.8485	14.1515	3.41	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	403.7535	11.2465	2.71	Drop
36	To Transformer 1	100	214.148	5.852	2.66	Drop

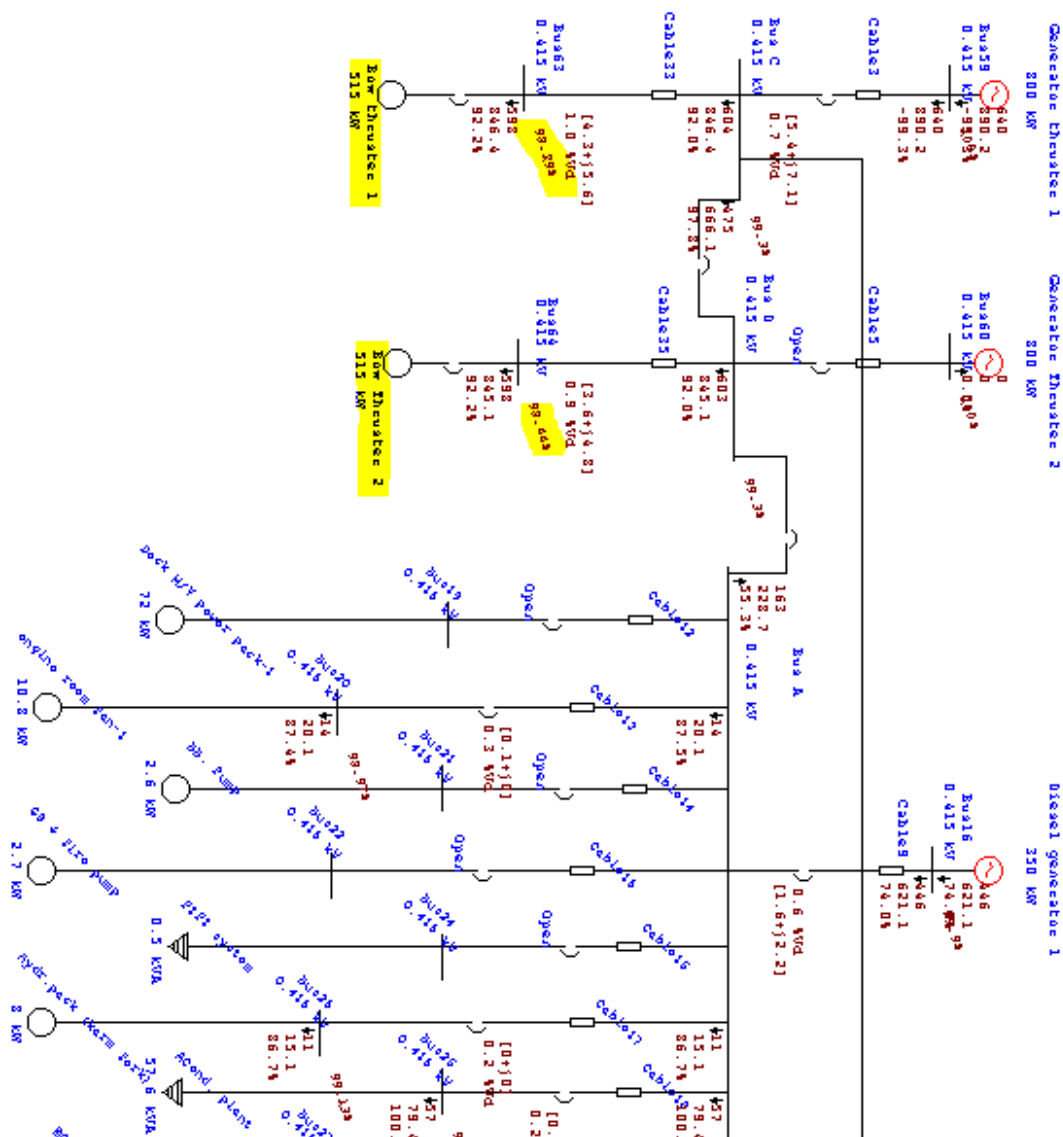


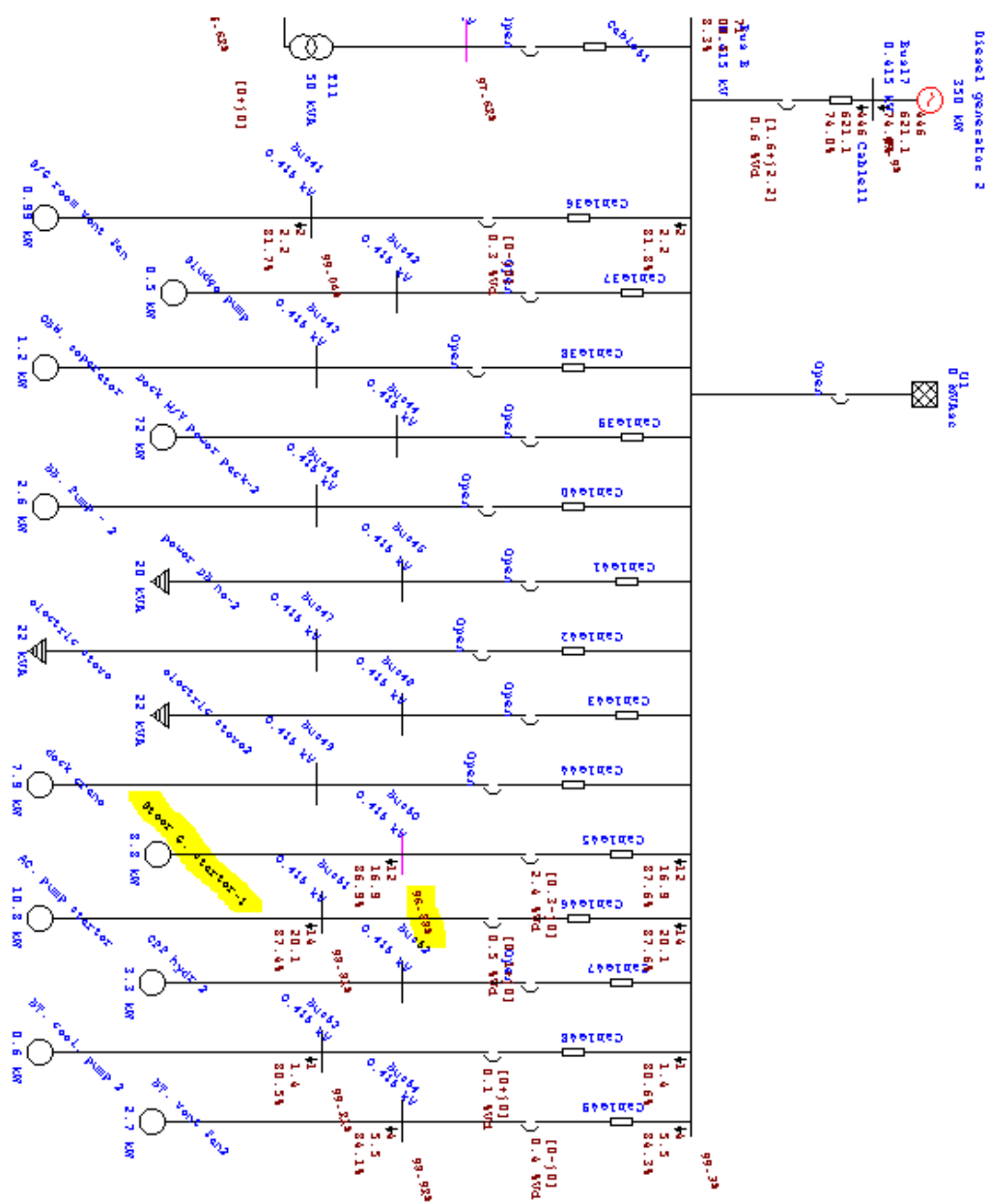


No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	607	231	943.4
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	386	162	605.6
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.43
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	54.723	0	78.11
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.179
6	BB. Pump	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.417
7	BB. Pump - 2	2.6 kW	415	3.192	2.059	5.417
8	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.395
9	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.395
10	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.632
11	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.626
12	CPP hydr 2	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.816
13	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.781
14	deck crane	7.9 kW	415	9.245	5.319	15.24
15	Deck M/Y power pack-1	72 kW	415	77.096	32.936	120.1
16	Deck M/Y power pack-2	72 kW	415	77.096	32.936	119.9
17	Deck power pack-1	6 kW	415	7.104	4.211	11.82
18	Deck power pack-2	6 kW	415	7.104	4.211	11.77
19	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.561	0	3.658
20	electric stove	22 kVA	415	20.732	0	29.71
21	electric stove2	22 kVA	415	20.732	0	29.71
22	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.4
23	FIFI system	0.5 kVA	415	0.476	0	0.679
24	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.394
25	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.394
26	GS & fire pump	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.611
27	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.4
28	OBW. separator	1.2 kW	415	1.525	1.058	2.668
29	power DB no.1	12.6 kVA	415	11.882	0	17.02
30	power DB no-2	20 kVA	415	18.966	0	27.1
31	power supply to ESB	65 kVA	415	61.465	0	87.94
32	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.219
33	Sludge pump	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.179
34	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.23
35	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.1
36	To Transformer 1	50 kVA	220	31.625	0	259.3

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	$\Delta V$	$\Delta V\%$	Drop/Over
1	Bow thruster 1	93.44	397.2795	17.7205	4.27	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	399.064	15.936	3.84	Drop
3	AC. pump starter	87.43	403.2555	11.7445	2.83	Drop
4	ACond. plant	100	404.5005	10.4995	2.53	Drop
5	BA air compressor	80.09	404.957	10.043	2.42	Drop
6	BB. Pump	84.03	404.874	10.126	2.44	Drop
7	BB. Pump - 2	84.03	404.9155	10.0845	2.43	Drop
8	BT. cool. pump 2	80.53	404.9155	10.0845	2.43	Drop
9	BT. cooling pump	80.53	404.7495	10.2505	2.47	Drop
10	BT. vent fan	84.12	403.297	11.703	2.82	Drop
11	BT. vent fan2	84.12	403.712	11.288	2.72	Drop
12	CPP hydr 2	84.6	401.4295	13.5705	3.27	Drop
13	CPP hydr unit	84.6	403.5045	11.4955	2.77	Drop
14	deck crane	86.68	404.0025	10.9975	2.65	Drop
15	Deck M/Y power pack-	91.96	403.048	11.952	2.88	Drop
16	Deck M/Y power pack-	91.96	403.546	11.454	2.76	Drop
17	Deck power pack-1	86.02	403.297	11.703	2.82	Drop
18	Deck power pack-2	86.02	405.04	9.96	2.4	Drop
19	ECR AC unit	100	404.1685	10.8315	2.61	Drop
20	electric stove	100	402.8405	12.1595	2.93	Drop
21	electric stove2	100	402.8405	12.1595	2.93	Drop
22	engine room fan-1	87.43	403.9195	11.0805	2.67	Drop
23	FIFI system	100	404.874	10.126	2.44	Drop
24	FO transfer pump	80.53	404.957	10.043	2.42	Drop
25	FO transfer pump 2	80.53	404.957	10.043	2.42	Drop
26	GS & fire pump	84.12	404.791	10.209	2.46	Drop
27	Hydr.pack (karm fork)	86.71	404.5835	10.4165	2.51	Drop
28	OBW. separator	82.18	401.6785	13.3215	3.21	Drop
29	power DB no.1	100	403.0065	11.9935	2.89	Drop
30	power DB no-2	100	404.127	10.873	2.62	Drop
31	power supply to ESB	100	403.546	11.454	2.76	Drop
32	S/G room vent fan	81.72	404.21	10.79	2.6	Drop
33	Sludge pump	80.09	404.7495	10.2505	2.47	Drop
34	Steer G. starter-1	86.94	395.1215	19.8785	4.79	Drop
35	Steer G. starter-2	86.94	398.068	16.932	4.08	Drop
36	To Transformer 1	100	213.1422	6.8578	3.117182	Drop

- Scenario 6 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% + beban listrik esensial di kapal (penggantian kabel)





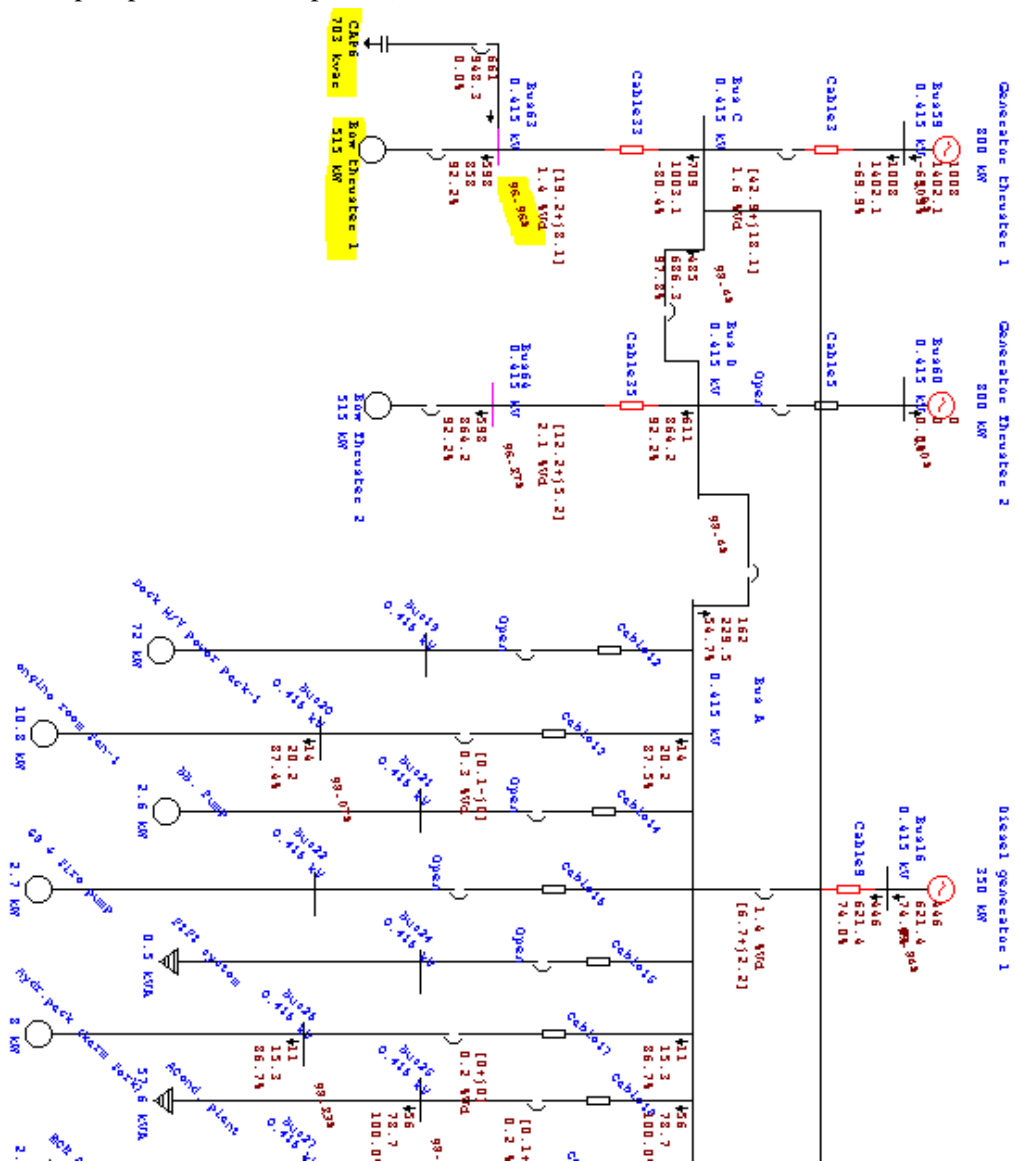
No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	846.4
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	845.1
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.09
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	56.571	0	79.41
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.159
6	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.372
7	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.372
8	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.538
9	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.533
10	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.668
11	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.647	0	3.719
12	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.06
13	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.371
14	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.371
15	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.15
16	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.283	0	17.31
17	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.182
18	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.93
19	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.81
20	To Transformer 1	34.3 kVA	220	32.693	0	263.7

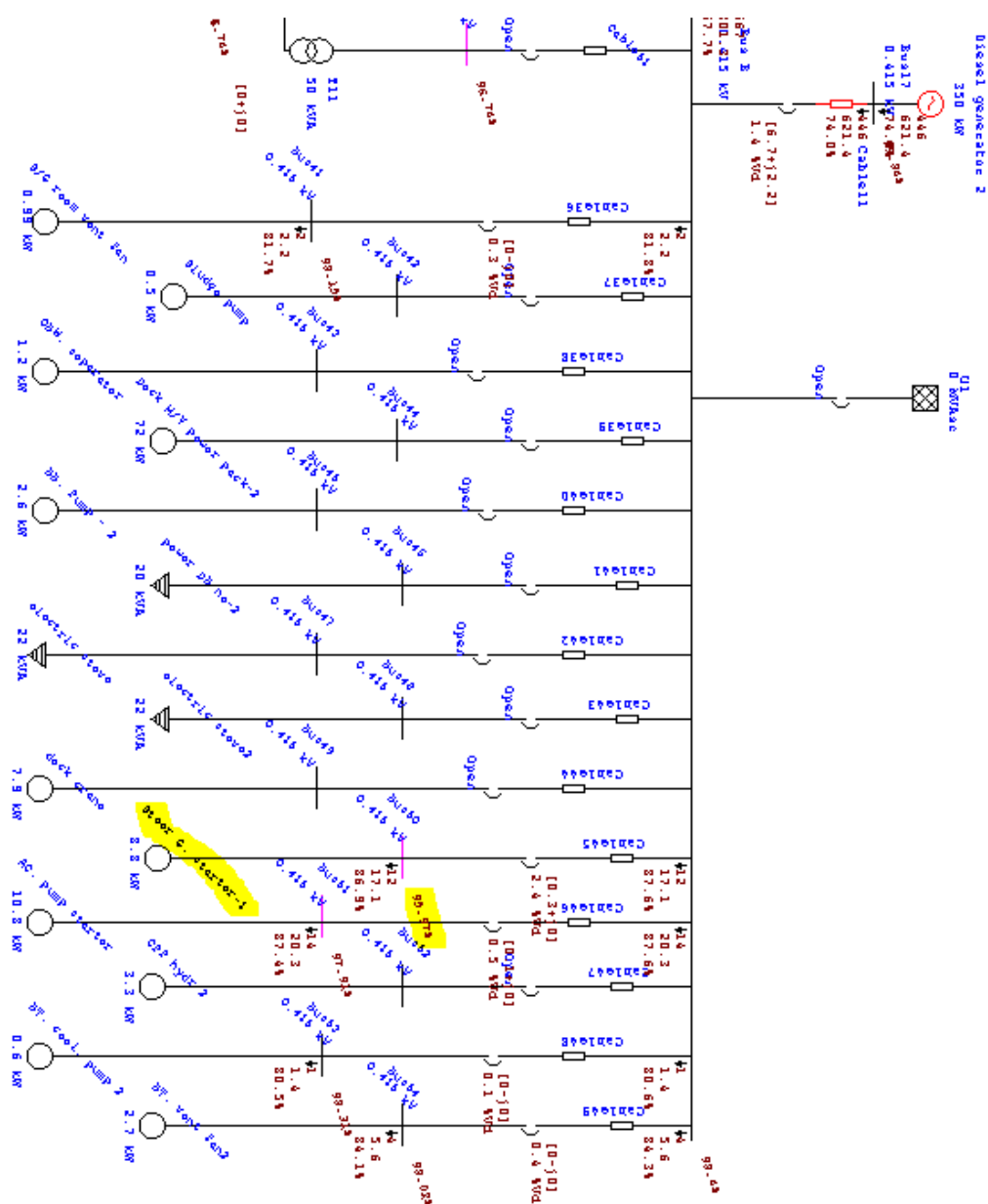
  

No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	407.9035	7.0965	1.71	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	408.526	6.474	1.56	Drop
3	AC. pump starter	87.43	410.0615	4.9385	1.19	Drop
4	ACond. plant	100	411.265	3.735	0.9	Drop
5	BA air compressor	80.09	411.763	3.237	0.78	Drop
6	BT. cool. pump 2	80.53	411.7215	3.2785	0.79	Drop
7	BT. cooling pump	80.53	411.514	3.486	0.84	Drop
8	BT. vent fan	84.12	410.1445	4.8555	1.17	Drop
9	BT. vent fan2	84.12	410.518	4.482	1.08	Drop
10	CPP hydr unit	84.6	410.3105	4.6895	1.13	Drop
11	ECR AC unit	100	410.933	4.067	0.98	Drop
12	engine room fan-1	87.43	410.7255	4.2745	1.03	Drop
13	FO transfer pump	80.53	411.7215	3.2785	0.79	Drop
14	FO transfer pump 2	80.53	411.7215	3.2785	0.79	Drop
15	Hydr.pack (karm fork)	86.71	411.3895	3.6105	0.87	Drop
16	power DB no.1	100	409.7295	5.2705	1.27	Drop
17	S/G room vent fan	81.72	411.016	3.984	0.96	Drop
18	Steer G. starter-1	86.94	402.052	12.948	3.12	Drop
19	Steer G. starter-2	86.94	404.957	10.043	2.42	Drop
20	To Transformer 1	100	214.764	5.236	2.38	Drop



- Scenario 6 Variasi beban 2, *bow thruster* 1 dan 2 100% + beban listrik esensial di kapal (penambahan kapasitor)





No.	Nama Peralatan	Rating	V	kW	kvar	Amp
1	Bow thruster 1	515 kW	415	551	231	858
2	Bow Thruster 2	515 kW	415	551	231	864.2
3	AC. pump starter	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.28
4	ACond. plant	57.6 kVA	415	55.556	0	78.7
5	BA air compressor	0.5 kW	415	0.662	0.495	1.17
6	BT. cool. pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.384
7	BT. cooling pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.385
8	BT. vent fan	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.589
9	BT. vent fan2	2.7 kW	415	3.309	2.127	5.583
10	CPP hydr unit	3.3 kW	415	4.009	2.527	6.729
11	ECR AC unit	2.7 kVA	415	2.6	0	3.686
12	engine room fan-1	10.8 kW	415	12.475	6.926	20.24
13	FO transfer pump	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.384
14	FO transfer pump 2	0.6 kW	415	0.788	0.58	1.384
15	Hydr.pack (karm fork)	8 kW	415	9.358	5.376	15.28
16	power DB no.1	12.6 kVA	415	12.063	0	17.15
17	S/G room vent fan	0.99 kW	415	1.27	0.895	2.202
18	Steer G. starter-1	8.8 kW	415	10.253	5.827	17.1
19	Steer G. starter-2	8.8 kW	415	10.253	5.827	16.97
20	To Transformer 1	34.3 kVA	220	32.107	0	261.3
No.	Nama Peralatan	% PF	Vr	Δ V	Δ V %	Drop/Over
1	Bow thruster 1	92.22	402.384	12.616	3.04	Drop
2	Bow Thruster 2	92.22	399.5205	15.4795	3.73	Drop
3	AC. pump starter	87.43	406.3265	8.6735	2.09	Drop
4	ACond. plant	100	407.5715	7.4285	1.79	Drop
5	BA air compressor	80.09	408.028	6.972	1.68	Drop
6	BT. cool. pump 2	80.53	407.9865	7.0135	1.69	Drop
7	BT. cooling pump	80.53	407.8205	7.1795	1.73	Drop
8	BT. vent fan	84.12	406.4095	8.5905	2.07	Drop
9	BT. vent fan2	84.12	406.783	8.217	1.98	Drop
10	CPP hydr unit	84.6	406.5755	8.4245	2.03	Drop
11	ECR AC unit	100	407.2395	7.7605	1.87	Drop
12	engine room fan-1	87.43	406.9905	8.0095	1.93	Drop
13	FO transfer pump	80.53	408.028	6.972	1.68	Drop
14	FO transfer pump 2	80.53	408.028	6.972	1.68	Drop
15	Hydr.pack (karm fork)	86.71	407.6545	7.3455	1.77	Drop
16	power DB no.1	100	406.036	8.964	2.16	Drop
17	S/G room vent fan	81.72	407.3225	7.6775	1.85	Drop
18	Steer G. starter-1	86.94	398.2755	16.7245	4.03	Drop
19	Steer G. starter-2	86.94	401.1805	13.8195	3.33	Drop
20	To Transformer 1	100	212.828	7.172	3.26	Drop

### C. Electrical load analysis Kapal AHTS BNI Castor

KCM/031(E)-ES/HULL No.SK60/61/62)

Document title:

#### Electrical Load Analysis

##### Contents:

Consumers on 220V ESB(Designload for 415/230V Emergency Transformer)  
 Consumers on 415V ESB  
 Consumers on 220V MSB(Designload for 415/230V Transformer)

##### Explanation of the Electrical Load Balance:

The abbreviation "L.F." means Load Factor, and is actual a factor made up of the power efficiency of a consumer and the utilization of the same consumer, i.e. the relationship between the size of e.g. an electrical motor and the power requirement.  
 The abbreviation "D.F." means Diversity Factor, and indicates the degree of probability of a consumer to run simultaneously with other consumers.

##### The following power sources/generators are available:

2 x 800Kw, 415V, 50Hz, diesel generator set.  
 2 x 350Kw, 415V, 50Hz, diesel generator set.  
 1 x 65Kw, 415V, 50Hz, diesel generator set.  
 1 x 200A, 415V, 50Hz shore connection.

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL														SEA GOING		STAND-BY		CARGO LOAD DISCH. (HARBOR)		DP-1 MANOEVR. /FI/FLYHT		HARBOR RESTING		EMERGENCY				
Ref. S/F	CONSUMER	No. circuit	Rated in W	L.F.	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)	D.F.	No. in use	Load (W)									
B201	DISTRIBUTION BOARD No.E1.1	1	1050	1.0	0.5	1	1204	0.5	1	1204	0.5	1	1204	0.5	1	1204	0.4	1	752	1	1350	1	1350					
B202	DISTRIBUTION BOARD No.E1.2	1	3200	1.0	0.5	1	2560	0.3	1	960	0.3	1	960	0.7	1	2240	0.2	1	640	1	3200	1	3200					
B203	NAVIGATION LIGHT PANEL	1	1440	1.0	0.5	1	1152	0.5	1	720	0.4	1	576	0.6	1	594	0.4	1	378	1	1440	1	1440					
B204	EMCY OUTSIDE LIGHTS	1	1120	1.0																1	1120	1	1120					
B205	GMDS	1	1500	1.0	0.5	1	1200	0.3	1	450	0.3	1	450	0.7	1	1050	0.2	1	300	1	1500	1	1500					
B206	Miscellaneous Consumers	1	1500	0.5	0.5	1	960	0.4	1	450	0.4	1	450	0.6	1	720	0.3	1	360	0.5	1	960	1	960				
B207	24V DC EMCY SWITCHBOARD	1	4300	0.5	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.6	1	2064	0.5	1	3096	1	3096				
LOAD 220V ESB (transferred to 415V ESB)														9440		6178		6034		8442		4892		13196				
415/230V TRANSFORMERS AND LOAD IN %														2	22000	VA	1	47%	1	31%	1	30%	1	42%	1	23%	1	65%



Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL						SEA GOING		STAND-BY		CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)		DP-1 MANOEVR. /FF/IAHT		HARBOUR RESTING		EMERGENCY	
Ref.		No. of use	Rated in MW	L.F. KVA	D.F. use	No. in use	Load (MW)	D.F. use	No. in use	Load (MW)	D.F. use	No. in use	Load (MW)	D.F. use	No. in use	Load (MW)	D.F. use
	CONSUMER																
B101	Emergency Transformer (from 220V ESS)	1	30.00	9.44	0.1	1	0.31	0.1	1	0.31	0.1	1	0.31	0.1	1	0.31	1.0
B102	Rescue Boat Davit	1	9.00	0.9	0.1	1	0.31	0.1	1	0.31	0.1	1	0.31	0.1	1	0.31	1.0
B103	STARTER FOUR STEERING GEAR	2	11.0	0.3	0.3	2	14.1	0.3	2	5.3	0.3	2	14.03	0.3	2	7.04	1.0
B104	Emergency Generator Room Fan	1	1.00	1.0												1.00	1.00
B105	CU2 ROOM VENT FAN	1	0.04	1.0												1.0	1.0
B106	Emergency Fire Pump	1	15.0	0.60												1.0	1.0
B107	ENGINE ROOM VENTILATION FAN 1	1	15.0	0.20	0.3	1	9.6	0.3	1	9.6	0.3	1	9.60	0.3	1	9.60	1.0
	No.2 STARTER AIR COMPRESSUR	1	0.5	1.00	0.6	1	3.3	0.6	1	3.3	0.6	1	3.30	0.6	1	3.30	1.0
LOAD 415V ESS (transferred to 415V MSB)							37.23			28.69			33.82			25.44	
																	57.64

Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL										SEA GOING		STAND-BY		CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)		DP-1 MANOEUVR. /FF/IAHT		HARBOUR RESTING		EMERGENCY		
Ref.	S/F	CONSUMER	No. of use	Rated in kW	L.F. KVA	D.F. use	No. in use	Load (kW)	D.F. use	No. in use	Load (kW)	D.F. use	No. in use	Load (kW)	D.F. use	No. in use	Load (kW)	D.F. use	No. in use	Load (kW)		
A201		Engine Room DB L1	1	2.25	0.3	0.3	1	1.7	0.3	1	1.7	0.3	1	1.7	0.3	1	1.7	0.3	1	1.7		
A202		Main Deck DB L2	1	22.00	0.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3	0.7	1	12.3		
A203		FOUR Deck DB L3	1	6.70	0.3	0.3	1	4.3	0.3	1	4.3	0.3	1	4.3	0.3	1	4.3	0.3	1	4.3		
A204		Upper FOUR Deck DB L4	1	12.70	0.3	0.3	1	8.1	0.3	1	8.1	0.3	1	8.1	0.3	1	8.1	0.3	1	8.1		
A205		W/H Deck DB L5	1	3.60	0.3	0.3	1	2.3	0.3	1	2.3	0.3	1	2.3	0.3	1	2.3	0.3	1	2.3		
A206		NAVIGATION LIGHT PANEL	1	1.44	0.3	0.3	1	0.9	0.3	1	0.6	0.4	1	0.5	0.6	1	0.7	0.4	1	0.5		
A207		DISTRIBUTION BOARD No EL2	1	3.20	0.3	0.3	1	2.0	0.3	1	0.3	0.3	1	0.3	0.7	1	0.3	0.2	1	0.5		
A208		COUNTAINER REEFER	2	8.00	0.3	0.3	1	2.4	0.3	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1	2		
A209		Miscellaneous Consumers	1	1.90	0.3	0.6	1	0.7	0.6	1	1	0.6	1	1	0.6	1	1	0.6	1	1		
LOAD 220V MSB (transferred to 415V MSB)										34.8		33.2		33.6		34.3		30.4				
415/230V TRANSFORMER LOAD IN %										2	50.0	kVA	1	37%	1	33%	1	33%	1	26%	1	75%

415/230V TRANSFORMER LOAD IN %

0.8

Average Power Factor of Consumers for Calculation of Transformer Load in %:



Project: 59m ANCHOR HANDLING/ OFFSHORE SUPPORT VESSEL					SEA GOING		STAND-BY		CARGO LOAD/ DISCH. (HARBOUR)		DP-1 MANOEVR. /FF/HAHT		HARBOUR RESTING		EMERGENCY	
Ref. S/F	CONSUMER	No. of	Rated in kW	L.F. MVA	D.F. use	Load (kW)	D.F. use	Load (kW)	D.F. use	Load (kW)	D.F. use	Load (kW)	D.F. use	Load (kW)	D.F. use	Load (kW)
	415/220V Transformer (from 220V MSB)		50.00	N/A												
A101	415V Emergency Switch Board (from 415V ESB)	2	25.00	1.0	0.6	37.2	0.6	26.7	0.6	33.9	0.6	34.3	0.6	25.4		
A102	Reeler Sockets	2	75.00	1.0						37.5						
A103	Bulk Cement Compressor	2	2.20	1.0						1.10						
A104	Bulk Cement Compressor Cooling Pump	2	35.00	0.50						23.4						
A105	Fresh Water Cargo Pump	1	30.00	0.50	0.1	2.6	0.1	2.6	0.1	2.6	0.1	2.6	0.1	2.6		
A106	Ballast/Bilge Pump	2	75.00	0.50						31.9	0.5	31				
A107	Fuel Oil Cargo Pump	2	95.00	0.50												
A108	Mud Pump	2	0.50	1.00						0.5	2	0.6	0.5	2	0.6	
A109	Bow Thruster Cooling Pump	2	5.50	1.00	0.6	3.3	0.6	3.3	0.6	3.3	0.6	3.3	0.6	3.3		
A110	No.1 STARTER AIR COMPRESSOR	1	20.00	0.5						3.3	0.5	3.0	0.5	3.0		
A111	POWER PACK FOR KARAI FURK TUV PIN	3	90.00	0.5								72.0				
A112	Deck Machinery Hydraulic Power Pack	3	90.00	0.5												
A113	Deck Machinery Hydraulic Power Pack	2	7.50	0.5												
A114	ELECTRIC STOVE	1	22.00	1	0.5	22	0.5	22	0.5	22	0.5	22	0.5	22		
A115	Refrigeration Set	1	11.00	1.0	0.4	4.4	0.4	4.4	0.4	4.4	0.4	4.4	0.4	4.4		
A116	Air Condition Plant	1	50.00	0.9	0.5	57.6	0.5	57.6	0.5	57.6	0.5	57.6	0.5	57.6		
A117	Air Condition Plant Cooling Pump	1	15.00	0.9	0.5	16.8	0.5	16.8	0.5	16.8	0.5	16.8	0.5	16.8		
A118	Fresh Water Mixer	1	2.20	0.9	0.5	1.6	0.5	1.6	0.5	1.6	0.5	1.6	0.5	1.6		
A119	Miscellaneous Vent Fan	1	20.00	0.9	1.0	18.0	1.0	18.0	1.0	18.0	1.0	18.0	1.0	18.0		
A120	ISG Room Vent Fan	1	1.10	0.9	1.0	0.99	0.5	0.99	0.5	0.99	0.5	0.99	0.5	0.99		
A121	Engine Room Fan 2	1	15.00	0.9	1.0	10.5	0.5	10.5	0.5	10.5	0.5	10.5	0.5	10.5		
A122	Bow Thruster Compl.Vent Fan	1	1.50	0.9	1.0	2.7	1.0	2.70	1.0	2.7	1.0	2.70	1.0	2.7		
A123	Fresh Water Pressure Pump	1	1.10	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		
A124	Sea Water Pressure Pump	2	1.10	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		
A125	Sewage Treatment System	1	3.80	0.9	0.7	2.39	0.7	2.39	0.7	2.39	0.7	2.39	0.7	2.39		
A126	Fuel Oil Transfer Pump	1	2.20	0.9	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6		
A128	Utility/Bilge Water Separator	1	2.20	0.9	0.6	1.2	0.6	1.2	0.6	1.2	0.6	1.2	0.6	1.2		
A127	Dirty Oil/Sudge Pump	1	1.50	0.9	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5		
A129	General Service & Fire Pump	1	30.00	0.9	0.1	2.7	0.1	2.7	0.1	2.7	0.1	2.7	0.1	2.7		

[illegible]

“Halaman ini sengaja dikosongkan



## BIODATA PENULIS



Daniel Pardomuan Silaen, dilahirkan di Jakarta pada tanggal 10 November 1995. Merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis merupakan alumni dari SD Santo Markus II, Jakarta Timur, SMP Negeri 117 Jakarta timur, dan SMA Negeri 71, Jakarta Timur. Penulis melanjutkan studi Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2014. Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik penulis yaitu sebagai grader praktikum *motor asinkron 3 phase rotor belit* dalam matakuliah listrik perkapalan di *Marine Electrical and Automation System Laboratory*. Sedangkan kegiatan non-akademik penulis yaitu organisasi HIMASISKAL FTK-ITS pada tahun kedua sebagai Marine Technology and Inovation Club

(METIC), pada tahun ketiga sebagai koor sub lomba nasional Eco Solar Boat, Marine Icon 2016, selain itu penulis juga aktif dalam mengikuti lomba RC Boat dan Hovercraft tingkat universitas nasional. Pengalaman kerja penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Palindo Marine (shipyard), Batam dan PT. Pertamina (persero) Perkapalan, Jakarta Utara.

Daniel Pardomuan  
*Marine Engineering Department*  
dp.silaen@gmail.com

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS TEGANGAN JATUH PADA SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK KAPAL AHTS BNI CASTOR AKIBAT PENGGUNAAN MOTOR ELEKTRIK PADA *MODE DYNAMIC POSITIONING* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
▪ Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automatical System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Daniel Pardomuan**  
NRP 0421 14 40 000084

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
NIP. 196003191987011001
2. Indra Ranu Kusuma, ST., M.Sc.  
NIP. 197903272003121001

(  )

(  )

SURABAYA  
Juli, 2018